

TUGAS AKHIR - TL 141584

# ANALISIS PENGARUH VARIASI TEGANGAN PADA LAPISAN TIPIS KITOSAN/AgNPs DI PERMUKAAN SS 316L TERHADAP MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK, DAN ANTIMICROBIAL DENGAN METODE ELECTROPHORETIC DEPOSITION

MUHAMMAD RAZAKI APRILIO  
NRP. 0251144000047

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Agung Purniawan, ST., M.Eng  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018





**TUGAS AKHIR - TL 141584**

**ANALISIS PENGARUH VARIASI TEGANGAN  
PADA LAPISAN TIPIS KITOSAN/AgNPs DI  
PERMUKAAN SS 316L TERHADAP  
MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK, DAN  
ANTIMICROBIAL DENGAN METODE  
ELECTROPHORETIC DEPOSITION**

**MUHAMMAD RAZAKI APRILIO  
NRP. 02511440000047**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Agung Purniawan, ST., M.Eng  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember Surabaya  
2018**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



**FINAL PROJECT - TL 141584**

# **ANALYSIS OF VOLTAGE VARIATION ON CHITOSAN/AgNPs THIN FILM AT SS 316L SURFACE ON MORPHOLOGY, MECHANICAL AND ANTIMICROBIAL PROPERTIES WITH ELECTROPHORETIC DEPOSITION METHOD**

**MUHAMMAD RAZAKI APRILIO**  
**NRP. 02511440000047**

## **ADVISORS**

**Dr. Ir. Agung Purniawan, ST., M.Eng**  
**Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T**

**Department of Material Engineering**  
**Faculty of Industrial Technology**  
**Institute Technology of Sepuluh Nopember**  
**Surabaya**  
**2018**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**ANALISIS PENGARUH VARIASI TEGANGAN PADA  
LAPISAN TIPIS KITOSAN/AgNP<sub>s</sub> DI PERMUKAAN SS  
316L TERHADAP MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK, DAN  
ANTIMICROBIAL DENGAN METODE  
ELECTROPHORETIC DEPOSITION**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**MUHAMMAD RAZAKI APRILIO**

Nrp. 02511440000047

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng. .... (Pembimbing I)
2. Vania Mitha Pratomo, S.T., M.Eng. .... (Pembimbing II)



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**ANALISIS PENGARUH VARIASI TEGANGAN PADA  
LAPISAN TIPIS KITOSAN/AgNPs DI PERMUKAAN SS  
316L TERHADAP MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK, DAN  
ANTIMICROBIAL DENGAN METODE  
ELECTROPHORETIC DEPOSITION**

**Nama** : Muhammad Razaki Aprilio  
**NRP** : 02511440000047  
**Departemen** : Teknik Material  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng.  
Vania Mitha Pratiwi, S.T, M.T

**ABSTRAK**

*Implan merupakan suatu peralatan biologis yang dibuat untuk menggantikan struktur atau fungsi dari bagian tubuh manusia. Tentu saja untuk menggantikan fungsi dari bagian tubuh, implant harus dimasukkan ke dalam tubuh manusia. Infeksi bakteri saat atau setelah implan cukup sering terjadi pada operasi orthopedic. Material Stainless Steel 316L biasa digunakan dalam implant memiliki sifat mekanik dan ketahanan korosi yang bagus, akan tetapi tidak memiliki sifat antimicrobial. Oleh karena itu dibutuhkan bahan yang memiliki sifat antimicrobial untuk dilapiskan pada permukaan material tersebut. Pada penelitian ini, Kitosan dan nano Silver (AgNPs) akan berperan sebagai material pelapis yang memiliki sifat antimicrobial. Kedua material tersebut akan dideposisikan kepada substrat Stainless Steel 316L. Metode yang digunakan pada pembentukan lapisan tipis ini yaitu Electrophoretic Deposition (EPD). Variasi tegangan (10 Volt, 15 Volt, 20 Volt, dan 25 Volt) pada proses Electrophoretic Deposition untuk mengetahui pengaruhnya terhadap morfologi, sifat mekanik dan antimicrobial. Pengujian SEM-EDX, XRD, FTIR, AFM, kekuatan adhesi, dan kemampuan antimicrobial secara in vitro dilakukan untuk karakterisasi lapisan tipis. Pada penelitian ini telah dibuktikan bahwa pengaruh kenaikan tegangan pada proses*

*EPD menyebabkan kandungan Ag dan kitosan (C dan O) semakin banyak pada permukaan. Semakin banyaknya Ag yang terdepositasi pada permukaan menyebabkan kekasaran permukaan lapisan Kitosan/AgNPs semakin kasar. Hal ini disebabkan oleh tegangan yang semakin tinggi menyebabkan semakin banyaknya aglomerat Ag yang terbentuk dimana aglomerat tersebut menyebabkan permukaan semakin kasar. Tegangan yang lebih tinggi juga menyebabkan kekuatan adhesi dari lapisan dan substrat juga meningkat. Sifat antimicrobial juga meningkat seiring dengan semakin tinggi nya tegangan yang diterapkan pada proses EPD. Hal ini dibuktikan dengan sampel 25 Volt menghasilkan zona inhibisi paling luas yaitu sebesar 51,4 mm<sup>2</sup>.*

**Kata Kunci:** Antimicrobial, Lapisan Tipis, Electrophoretic Deposition, Implan

# **ANALYSIS OF VOLTAGE VARIATION ON CHITOSAN/AgNPs THIN FILM AT SS 316L SURFACE ON MORPHOLOGY, MECHANICAL AND ANTIMICROBIAL PROPERTIES WITH ELECTROPHORETIC DEPOSITION METHOD**

**Name** : Muhammad Razaki Aprilio  
**NRP** : 02511440000047  
**Department** : Material Engineering  
**Advisors** : Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng.  
Vania Mitha Pratiwi, S.T, M.T

## **ABSTRACT**

*Implant is a biological equipment created to replace the structure or function of the human body parts. To replace one of the body part, the implant must be inserted into the human body. Bacterial infections during or after implants are common in orthopedic surgery. The 316L Stainless Steel material commonly used in implants has excellent mechanical properties and corrosion resistance, but does not have antimicrobial properties. Therefore, its necessary that the material has antimicrobial properties to be coar on the surface of the material. In this study, Chitosan and nano Silver (AgNPs) will serve as a coating material that has antimicrobial properties. Both materials will be deposited onto Stainless Steel 316L substrate. The method used in deposition of this thin layer is Electrophoretic Deposition (EPD). Voltage variations (10 Volts, 15 Volts, 20 Volts, and 25 Volts) in the Electrophoretic Deposition process to determine their effect on morphology, mechanical and antimicrobial properties. Testing of SEM-EDX, XRD, FTIR, AFM, adhesion strength, and antimicrobial capability in vitro is performed for thin layer characterization. In this research, it has been proven that the effect of voltage increase on EPD process causes the Ag and Chitosan (C and O) contents more and more on the surface. The more Ag*

*deposited on the surface causes the coarseness of the surface of the Chitosan / AgNPs coarser layer. This is due to the higher voltage causing more agglomerates of Ag formed in which the agglomerates cause the surface to become rougher. The higher voltage also causes the adhesion strength of the coating and the substrate also increases. The antimicrobial properties also increase along with the higher the voltage applied to the EPD process. This is evidenced by a 25 Volt sample resulting in the widest zone of inhibition of 51.4 mm<sup>2</sup>.*

**Keyword:** Antimicrobial, Thin Film, Electrophoretic Deposition, Implant

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, anugerah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir serta menyusun laporan Tugas Akhir dengan judul **“Analisis Pengaruh Variasi Tegangan Pada Lapisan Tipis Kitosan/AgNPs di Permukaan SS 316L Terhadap Morfologi, Sifat Mekanik, dan Antimicrobial dengan Metode Electrophoretic Deposition”**. Laporan tugas akhir ini dibuat untuk melengkapi Mata Kuliah Tugas Akhir yang menjadi salah satu syarat kelulusan mahasiswa di Departemen Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan, diantaranya

1. Allah SWT berkat pertolongan dan bimbingan-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang telah menjadi sumber motivasi dalam pembuatan laporan ini, serta telah mendukung secara moril maupun materiil, dan doa yang selalu dipanjatkan demi kesehatan, keselamatan, dan kelancaran dalam mengerjakan Laporan Tugas Akhir.
3. Dr. Agung Purniawan S.T, M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI-ITS dan dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, membantu, dan memberikan banyak ilmu kepada penulis dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir.
4. Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T selaku co dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, membantu, dan memberikan banyak ilmu kepada penulis dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir.

5. Dr. Widyastuti S.Si. selaku dosen wali yang telah membantu penulis menjalani pendidikan di Departemen Teknik Material FTI-ITS.
6. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS yang selalu mendukung mahasiswa untuk menuntut ilmu dengan memberikan pengajaran dan fasilitas terbaik.
7. Radit dan Hadi selaku teman seperjuangan pada topik tugas akhir ini
8. Teman-teman Laboratorium Manufaktur yang telah membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini
9. Teman-teman grup receh yang selalu memberikan nasehat dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Keluarga MT 16 yang penulis sayangi, yang telah menemani dan memberikan banyak pengalaman berharga selama jenjang perkuliahan ini.
11. Dan seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Surabaya, Juni 2018  
Penulis,

Muhammad Razaki Aprilio  
02511440000047

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Baja Tahan Karat Austenitik .....	5
2.2 <i>Stainless Steel 316L</i> .....	6
2.3 Material <i>Antimicrobial</i> .....	7
2.4 Kitosan .....	9
2.5 Nanopartikel Perak ( <i>AgNPs</i> ) .....	13
2.6 Elektrokimia .....	15
2.7 <i>Electrophoretic Deposition</i> .....	16
2.8 Metoda <i>Kirby Bauer : disk diffusion test</i> .....	21
2.9 <i>State of the Art</i> .....	22
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	25
3.2 Rancangan Penelitian .....	27
3.3 Preparasi Material dan Proses Deposisi .....	27
3.4 Pengujian.....	28
3.4.1 <i>Scanning Electron Microscopy (SEM) &amp; Energy</i> <i>Dispersive X-ray (EDX)</i> .....	28
3.4.2 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	29
3.4.3 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i> .....	30
3.4.4 Pengujian Kekasaran Permukaan dengan <i>Atomic</i> <i>Force Microscopy (AFM)</i> .....	31

3.4.5 Pengujian <i>Adhesive</i> Menggunakan <i>Pull Off Test</i> .....	32
3.4.6 Pengujian <i>Antimicrobial</i> menggunakan metode <i>Disk Diffusion Test</i> .....	32
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA</b>	
4.1 Analisa Senyawa dan Gugus Fungsi .....	33
4.2 Analisa Komposisi .....	36
4.3 Analisa Morfologi .....	37
4.3.1 Analisa Morfolofi Permukaan.....	37
4.3.2 Analisa Kekasaran Permukaan.....	46
4.4 Analisa Kekuatan Adhesi .....	49
4.5 Analisa <i>Antimicrobial</i> .....	50
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xviii</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>xxii</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>xxii</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Struktur Kimia Kitin .....	10
<b>Gambar 2.2</b>	Struktur Kimia Kitosan .....	10
<b>Gambar 2.3</b>	Hasil uji <i>antimicrobial</i> nanopartikel perak dengan bakteri (a) E.Coli (Gram Negatif) dan (b) <i>Bacillus megaterium</i> (Gram Negatif) .....	14
<b>Gambar 2.4</b>	Dua jenis deposisi elektroforesis (a) Katodik EPD dan (b) Anodik EPD .....	17
<b>Gambar 2.5</b>	Pergerakan partikel kearah elektroda .....	18
<b>Gambar 2.6</b>	Berat hidroksiapatit yang diendapkan pada substrat $Ti_6Al_4V$ dari suspensinya dalam isopropil alkohol dengan waktu (a) 30 detik dan (b) 120 detik .....	21
<b>Gambar 2.7</b>	Visualisasi hasil Disk diffusion test lapisan tipis Ag- $TiO_2$ .....	22
<b>Gambar 2.8</b>	Efek antibakteri dari lapisan CSAgHAp dengan bakteri E. coli dan S.aureus .....	23
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian .....	25
<b>Gambar 3.2</b>	Alat Pengujian SEM & EDX .....	29
<b>Gambar 3.3</b>	Alat Pengujian XRD .....	30
<b>Gambar 3.4</b>	Alat Pengujian FTIR .....	31
<b>Gambar 3.5</b>	Alat Pengujian AFM .....	31
<b>Gambar 4.1</b>	Grafik XRD lapisan tipis Kitosan/AgNPs dengan variasi tegangan .....	33
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik hasil pengujian FTIR kitosan dan sampel lapisan Kitosan/AgNPs .....	35
<b>Gambar 4.3</b>	Hasil SEM permukaan lapisan tipis Kitosan/AgNPs perbesaran 10.000X; (a) 10 Volt, (b) 15 Volt, (c) 20 Volt, dan (d) 25 Volt ...	39
<b>Gambar 4.4</b>	Hasil SEM dengan <i>element mapping</i> persebaran Ag-Cs dan substrat (Fe,Cr, dan Ni) perbesaran 10000x lapisan tipis Kitosan/AgNPs variasi tegangan 10 Volt unsur ; (a)Ag, (b)Fe, (c)C, (d)O, (e)Ni, (f)Cr .....	40

<b>Gambar 4.5</b>	Hasil SEM dengan <i>element mapping</i> persebaran Ag-Cs dan substrat (Fe,Cr, dan Ni) perbesaran 10000x lapisan tipis Kitosan/AgNPs variasi tegangan 15 Volt unsur ; (a)Ag, (b)Fe, (c)C, (d)O, (e)Ni, (f)Cr.....	41
<b>Gambar 4.6</b>	Hasil SEM dengan <i>element mapping</i> persebaran Ag-Cs dan substrat (Fe,Cr, dan Ni) perbesaran 10000x lapisan tipis Kitosan/AgNPs variasi tegangan 20 Volt unsur ; (a)Ag, (b)Fe, (c)C, (d)O, (e)Ni, (f)Cr. ....	42
<b>Gambar 4.7</b>	Hasil SEM dengan <i>element mapping</i> persebaran Ag-Cs dan substrat (Fe,Cr, dan Ni) perbesaran 10000x lapisan tipis Kitosan/AgNPs variasi tegangan 25 Volt unsur ; (a)Ag, (b)Fe, (c)C, (d)O, (e)Ni, (f)Cr. ....	43
<b>Gambar 4.8</b>	Hasil SEM <i>cross section</i> lapisanKitosan/AgNPs perbesaran 3.000X; (a) 10 Volt, (b) 15 Volt, (c) 20 Volt, dan (d) 25 Volt .....	45
<b>Gambar 4.9</b>	Grafik hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan Kitosan/AgNPs.....	46
<b>Gambar 4.10</b>	Topografi permukaan sampel tiap spesimen lapisan tipis dengan variasi tegangan ; (a) Substrat, (b) 10 Volt, (c) 15 Volt, (d) 20 Volt, (e) 25 Volt.....	47
<b>Gambar 4.11</b>	Grafik Kekasaran permukaan spesimen lapisan tipis Kitosan/AgNPs.....	48
<b>Gambar 4.12</b>	Grafik nilai adhesi terhadap kenaikan tegangan proses EPD pada sampel lapisan tipis Kitosan/AgNPs dengan Pull Off Adhesion.....	49
<b>Gambar 4.13</b>	Visualisasi hasil uji <i>Antimicrobial</i> dari sampel lapisan tipis Kitosan/AgNPs dengan variasi tegangan; (a) 0 Volt (b) 10 Volt, (c) 15 Volt, (d) 20 Volt, (e) 25 Volt.....	51
<b>Gambar 4.14</b>	Grafik Zona Inhibisi sampel lapisan tipis Kitosan/AgNPs.....	52

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Komposisi kimia Stainless Steel 316L .....	11
<b>Tabel 2.2</b> Sifat mekanik Stainless Steel 316L .....	13
<b>Tabel 2.3</b> Sifat Kimia dan Biologi Kitosan.....	15
<b>Tabel 3.1</b> Rancangan Penelitian Tugas Akhir .....	27
<b>Tabel 4.1</b> Hasil uji komposisi % wt lapisan tipis Kitosan/AgNPs .....	36

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Bakteri merupakan salah satu mikroorganisme dengan populasi terbanyak di Bumi. Bakteri hidup di tanah, air, udara bahkan pada tubuh manusia atau hewan. Beberapa jenis bakteri dapat menyebabkan penyakit bagi manusia. Penyakit akan timbul bila mikroorganisme menyebabkan kerusakan fungsional dan struktural. Bakteri merupakan penyebab infeksi. Infeksi merupakan masuknya mikroorganisme ke dalam tubuh inang sehingga dapat membahayakan tubuh inangnya. Biasanya infeksi terjadi apabila bakteri sudah berada di dalam tubuh manusia. Umumnya cara bakteri dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui udara ataupun makanan dan minuman. Akan tetapi, sekarang ini yang masuk ke dalam tubuh manusia bukan hanya makanan. Implan merupakan suatu peralatan biologis yang dibuat untuk menggantikan struktur atau fungsi dari bagian tubuh manusia. Tentu saja untuk menggantikan fungsi dari bagian tubuh, implan harus dimasukkan ke dalam tubuh manusia. Kebersihan dari material implan merupakan hal yang sangat penting. Karena jika material implan tidak bersih dan steril, bakteri dapat hidup dan berkembang pada tubuh manusia sehingga dapat mengakibatkan infeksi. Walaupun sudah mengikuti seluruh prosedur sesuai standar operasi, seperti sterilisasi perangkat medis dan preparasi kulit, infeksi tetap akan terjadi karena bakteri menempel pada perangkat tersebut (Hardes, dkk. 2007). Sehingga infeksi bakteri merupakan masalah serius dalam aplikasi biomedik (Hetrick, dkk. 2006). Oleh karena itu, dibutuhkan jenis material yang dapat menahan atau menolak bakteri yaitu material antimikroba.

Salah satu material yang umum digunakan untuk komponen implan adalah stainless steel 316L. Hal ini disebabkan harganya yang lebih murah dibandingkan dengan material implan logam lainnya seperti titanium, paduan CoCr, paduan NiTi. Material stainless steel 316L memiliki kekuatan mekanik dan ketahanan korosi yang memenuhi untuk pemakaian sebagai



material komponen implan (Umardhani, dkk. 2013). Oleh karena itu komponen implan tulang yang terbuat dari stainless steel 316L banyak digunakan di negara-negara berkembang seperti di Indonesia. Akan tetapi, stainless steel 316L tidak memiliki sifat antimikroba sehingga dapat menyebabkan infeksi pada tubuh. Oleh karena itu, dibutuhkan modifikasi permukaan dengan menggunakan material pelapis yang memiliki sifat antimikroba agar tubuh terhidar dari infeksi akibat bakteri.

Kitosan merupakan polimer organik produk deasetilasi-N kitin dan sifat yang menarik, yaitu mempunyai aktivitas antibakteri, tidak beracun, biodegradabilitas, dan biokompatibilitas (Simchi, dkk. 2009). Pada pH asam  $< 6,5$ , gugus amina bebas ( $-NH_2$ ) kitosan terprotonasi menjadi gugus amina kationik ( $-NH_3$ ) dan dapat berinteraksi dengan berbagai material bermuatan negatif, seperti permukaan sel bakteri (Junatraphun, dkk. 2012).

Dalam beberapa tahun terakhir, nano *Silver* (AgNPs) mendapat perhatian lebih sebagai material antimikroba. Nanopartikel perak dapat berinteraksi langsung dengan bakteri, sehingga menyebabkan bakteri tersebut mati. Bahan ini membunuh spectrum mikroorganisme yang luas termasuk *multidrug-resistant bacteria* (Raghavendra, dkk. 2017).

Pada penelitian ini, material Kitosan dan nanopartikel Ag (AgNPs) yang memiliki kemampuan antimikroba yang baik akan dikompositkan dan dideposisikan ke material substrat yaitu *Stainless Steel 316L* dengan metode *Electrophoretic Deposition*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas pada Tugas Akhir ini, yaitu ;

1. Bagaimana pengaruh tegangan pada proses *Electrophoretic Deposition* terhadap sifat mekanik, dan morfologi lapisan Kitosan dan Nanopartikel Ag yang dihasilkan?

---

## BAB I PENDAHULUAN



2. Bagaimana pengaruh tegangan pada proses *Electrophoretic Deposition* terhadap sifat antimikroba lapisan Kitosan dan Nanopartikel Ag yang dihasilkan?

### 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah atau variabel yang diabaikan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Temperatur larutan dan substrat dianggap sama dengan temperatur ruang.
2. Konsentrasi Larutan dianggap sama dengan standar produk.
3. Aquades yang digunakan dianggap murni.

### 1.4. Tujuan

Tujuan dilakukannya Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut ;

1. Menganalisis pengaruh tegangan pada proses *Electrophoretic Deposition* terhadap sifat mekanik, dan morfologi lapisan Kitosan dan Nanopartikel Ag.
2. Menganalisis pengaruh tegangan pada proses *Electrophoretic Deposition* terhadap sifat antimikroba lapisan Kitosan dan Nanopartikel Ag.

### 1.5. Manfaat Kegiatan Tugas Akhir

Diharapkan tugas akhir yang dilakukan dapat memberikan manfaat yang luas terhadap industri dan institusi pendidikan di tanah air. Seperti memberikan informasi ilmiah untuk perkembangan teknologi industri peralatan medis tanah air atau memberikan inspirasi dan menambah wawasan untuk mahasiswa ataupun peneliti di institusi pendidikan tanah air.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Baja Tahan Karat Austenitik**

Baja Tahan Karat Austenitik merupakan Baja tahan karat paling umum diantara baja tahan karat lainnya. Paduan berbasis besi ini mengandung kromium tingkat tinggi yang membentuk lapisan oksida pelindung pada permukaan sehingga menahan korosi. Lapisan oksida akan beregenerasi saat rusak, membuat baja tahan korosi. Baja tahan karat ini mengandung antara 16% sampai 25% chromium yang berfungsi sebagai pembentuk lapisan tahan karat. Nikel sebanyak 6% sampai 8% juga ditambahkan untuk membantu menstabilkan fasa austenit dan menghasilkan sifat ulet. Selain kedua unsur tersebut, beberapa unsur lain juga sering ditambahkan seperti mangan, molybdenum, dan nitrogen agar terbentuk sifat yang diinginkan. Baja tahan karat ini dikelompokkan dengan kode 200 dan 300 seperti *Stainless Steel* 304, 303, 316L.

Baja tahan karat Austenitik memiliki banyak kelebihan dari sudut pandang metalurgi. Struktur Kristal FCC (Face Centered Cubic) dari baja ini menghasilkan sifat non magnetik. Austenitik strukturnya sangat tangguh dan lentur. Baja jenis ini sangat *formable* dan *weldable*, dan baik digunakan pada dari temperatur rendah sampai temperatur tinggi. Baja ini bisa dibuat menjadi cukup lunak dengan kekuatan sekitar 200 Mpa agar mudah dibentuk dan juga bisa dibuat sangat kuat dengan cold work, sampai menghasilkan kekuatan lebih dari 2000 MPa (290 ksi). Baja tahan karat ini memiliki ketahanan korosi paling baik dibandingkan baja tahan karat lainnya. Ketahanan korosi dari baja ini yang paling kecil bisa menahan serangan korosif normal dari lingkungan, sedangkan ketahanan korosi paling besar bisa bahkan menahan korosi air laut yang mendidih (ASM International, 2008).



## 2.2. Stainless Steel 316 L

*Stainless Steel 316 L* merupakan baja *Stainless Steel* karbon rendah dan memiliki kemampuan ketahanan akan korosi . Struktur *austenitic* yang ada pada baja ini memberikan *toughness* yang baik, walau digunakan pada temeptratur sangat rendah (*cryogenic*). Pada tabel 2.1 dan tabel 2.2, diketahui komposisi kimia dan sifat mekanik pada *Stainless Steel 316 L*.

**Tabel 2.1** Komposisi kimia Stainless Steel 316L (ASM International, 2008)

Unsur	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni
Komposisi	0.02	1.8	0.5	0.03	0.01	16.4	2.1	10.0

**Tabel 2.2** Sifat mekanik Stainless Steel 316L (Azom, 2017)

Grade	Tensile Str. (MPa) min	Yield Str. (MPa) min	Elong. (% in 50mm) min	Hardness	
				Rockwell B (HR B) max	Brinell (HB) max
316L	485	170	40	95	217

Stainless steel 316 L merupakan jenis austenitic stainless steel dengan komposisi rendah karbon yang digunakan di dalam berbagai industri dengan kebutuhan untuk tahan terhadap korosi. Pada umumnya stainless steel jenis ini digunakan pada: industri kimia dan petrokimia; instrumen industri pengolahan kertas; instrumen industri tekstil; instrumen industri makanan dan minuman; instrumen industri farmasi; instrumen medis; industri pipa air.

*Stainless steel 316L* banyak digunakan karena memiliki pada ketahanan korosi, sifat fisik, sifat mekanik, dan permukaan yang mudah dibersihkan. Komposisi kimia dari *stainless steel 316L* telah dikembangkan untuk memperoleh struktur austenite



yang stabil dan memiliki banyak keuntungan, yaitu : Baja *stainless steel* austenitic memiliki struktur FCC sehingga lebih unggul dari *stainless steel* feritik dalam ketahanan terhadap korosi karena kepadatan atom kristalografi yang lebih tinggi, rasio kekuatan luluh dan kekuatan Tarik yang sangat rendah dan *machineability* yang tinggi, cold working dan *successive aging treatment* dapat diterapkan untuk meningkatkan kekuatan. *Stainless steel* austenitic pada dasarnya bersifat non magnetik.

*Stainless Steel 316L* sering digunakan dalam aplikasi biomaterial. Pemilihan utama dari logam dan paduannya sebagai biomaterial adalah sifat mekanik yang sesuai dan ketahanan terhadap korosi dan harga yang layak. Semua *stainless steel* mempunyai campuran kromium minimal 10,5 %. Material *stainless steel* termasuk biocompatibility. Penambahan bahan nikel pada struktur austenite berpotensi melepaskan  $\text{Ni}_2^+$ ,  $\text{Cr}_3^+$  dan  $\text{Cr}_6^+$ . *Stainless Steel 316L* tidak memiliki sifat *antimicrobial*, sehingga aplikasinya cukup terbatas untuk implan. (Respati, 2010)

### 2.3. Material *Antimicrobial*

Material *Antimicrobial* adalah material yang bisa membunuh atau menghambat aktivitas mikroorganisme dengan bermacam-macam cara. Mekanisme daya kerja antimikroba terhadap sel dapat dibedakan atas beberapa kelompok sebagai berikut diantaranya merusak dinding sel, mengganggu permeabilitas sel, merusak molekul protein dan asam nukleat, menghambat aktivitas enzim, menghambat sintesa asam nukleat. Aktivitas antimikroba yang dapat diamati secara langsung adalah perkembangbiakannya.

Terdapat beberapa mekanisme dari material *antimicrobial* untuk menghambat perkembangan *microorganisme*. Material *antimicrobial* dapat mengganggu pembentukan dinding sel. Hal ini disebabkan karena adanya akumulasi komponen lipofilat yang terdapat pada dinding atau membran sel sehingga menyebabkan



perubahan komposisi penyusun dinding sel. Senyawa pada material *antimicrobial* juga dapat bereaksi dengan membran sel sehingga menghambat ikatan ATP-ase pada membran sel.

Material *antimicrobial* biasanya diaplikasikan pada dunia kedokteran seperti alat-alat medis dan implant. Bangsa kuno Yunani dan Roma menggunakan sifat *antimicrobial* pada ion perak untuk melawan infeksi (Du.dkk, 2007). Seiring berkembangnya teknologi, telah banyak ditemukan material yang bersifat *antimicrobial*. Perak dan paduan Cu merupakan contoh logam yang memiliki sifat *antimicrobial*. ZnO dan CuO merupakan keramik yang biasa digunakan untuk aplikasi material *antimicrobial*.

Selain itu juga masih banyak lagi material yang memiliki sifat *antimicrobial* antara lain Hidroksi Apatit, *Polymethacrylate* dan *Poly hexamethylene biguanidinium hydrochloride*.

Material atau senyawa antimikroba sudah banyak diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan sifat tersebut seperti alat-alat dapur, peralatan medis dan material implan. Senyawa antimikroba dapat digabungkan dengan suatu material atau ditambahkan sebagai pelapis pada permukaan material. Namun, yang paling umum adalah menambahkan antimikroba sebagai lapisan tipis bagian luar material substrat.

Menurut Moreman (2009), material antimikroba dapat digunakan jika memenuhi syarat sebagai berikut :

- Aktivitas spektrum luas terhadap mikroorganisme; Meski aktivitas selektif terutama terhadap patogen, tanpa membunuh mikroorganisme yang bermanfaat.
- Aktivitas antimikroba mungkin tidak terlalu banyak terhambat di dalam makanan
- Antimikroba dapat tahan terhadap lingkungan drastis yang diharapkan kondisi yang ditemui dalam makanan dan industri minuman, seperti mekanik dan keausan kimia.
- Tidak ada penumpukan resistensi selama periode waktu tertentu.
- Tidak beracun bagi manusia dan makanan.

---

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA



- Antimikroba untuk kontak dengan makanan harus memenuhi kebutuhan nasional atau peraturan perundang-undangan internasional.
- Zat antimikroba juga harus memenuhi peraturan tentang asupan yang diijinkan maksimal.
- Harus kompatibel dengan material yang ditambahkan.
- Stabilitas cahaya yang baik.
- Efek antimikroba yang tahan lama: pelepasan terkontrol zat antimikroba dalam konsentrasi cukup untuk mencegah deplesi cepat. Agar tidak bahaya seandainya material terkelupas.
- Biaya senyawa antimikroba harus rendah (misalnya, triclosan lebih murah dari Ag).
- Harus mudah diaplikasikan atau diaplikasikan kembali pada permukaan tertentu (penggabungan dan pelapisan).

Uji aktivitas antibakteri dapat dilakukan dengan metode difusi dan metode pengenceran. Disc diffusion test atau uji difusi disk dilakukan dengan mengukur diameter zona bening (*clear zone*) yang merupakan petunjuk adanya respon penghambatan pertumbuhan bakteri oleh suatu senyawa antibakteri dalam ekstrak. Syarat jumlah bakteri untuk uji kepekaan/sensitivitas yaitu 10<sup>5</sup>-10<sup>8</sup> CFU/mL (Hermawan dkk., 2007).

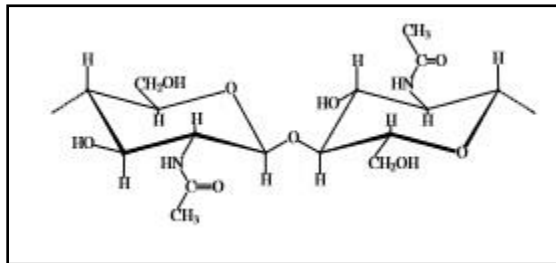
#### 2.4. Kitosan

Kitosan merupakan salah satu senyawa turunan dari kitin karena memiliki aplikasi yang luas. Kitosan merupakan suatu amina polisakarida hasil proses deasetilasi kitin. Kitosan dapat membentuk sebuah membran yang berfungsi sebagai adsorben pada waktu terjadinya pengikatan zat-zat organik maupun anorganik oleh kitosan. Hal ini yang menyebabkan kitosan lebih banyak manfaatnya dibandingkan dengan kitin. Senyawa ini merupakan biopolimer alam yang penting dan bersifat polikationik sehingga dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti adsorben logam, penyerap zat warna tekstil, bahan pembuatan kosmetik serta agen antibakteri. Sifat biokompatibel,

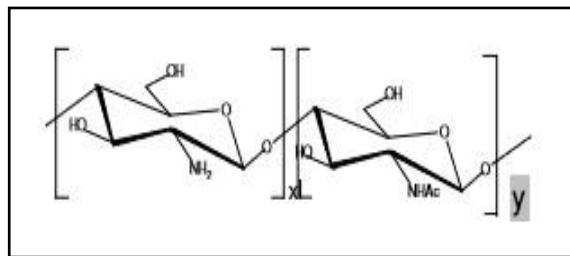


biodegradable dan nontoksik yang dimiliki kitosan, merekomendasikan penggunaan senyawa ini dalam industri ramah lingkungan.

Kitosan merupakan polisakarida rantai lurus yang tersusun oleh monomer glukosamin yang terhubung melalui ikatan (1-4)  $\beta$ -glikosidik. Kitosan diperoleh dari proses deasetilasi kitin. Kitin merupakan *poli-N-asetil-glukosamin*, sedangkan kitosan adalah kitin terdeasetilasi sebanyak mungkin tapi tidak cukup sempurna untuk dinamakan poli glukosamin. Struktur kitin dan kitosan ditampilkan secara berurutan pada Gambar 2.1 dan 2.2



**Gambar 2.1** Struktur Kimia Kitin (Dutta,dkk. 2004)



**Gambar 2.2** Struktur Kimia Kitosan (Dutta,dkk. 2004)

Kitosan merupakan produk biologis yang bersifat kationik, nontoksik, biodegradable dan biokompatibel. Kitosan memiliki gugus amino ( $\text{NH}_2$ ) yang relatif lebih banyak dibandingkan kitin sehingga lebih nukleofilik dan bersifat basa. Kristalinitas kitosan



yang disebabkan oleh ikatan hidrogen intermolekuler maupun intramolekuler lebih rendah dibandingkan kitin sehingga lebih mudah diaplikasikan dalam beberapa reagen.

Kitosan merupakan biopolimer yang sumbernya melimpah dan dapat terbarukan sehingga termasuk sumber daya alternatif yang harus dimanfaatkan semaksimal mungkin. Sifat polikationik kitosan menjadi dasar pemanfaatan kitosan dalam berbagai bidang. Kitosan dimanfaatkan dalam bidang pertanian karena sifatnya yang biodegradable. Tanaman yang diperlakukan dengan kitosan memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan jamur. Dalam bidang kesehatan, kitosan bermanfaat dalam program diet karena kemampuannya menurunkan jumlah kolesterol, antikoagulan dalam darah serta digunakan sebagai agen antibakteri. Bidang bioteknologi memanfaatkan kitosan sebagai zat yang berperan dalam imobilisasi enzim, pemisahan protein dan regenerasi sel. Dalam industri makanan, kitosan digunakan sebagai antioksidan, pengawet alami, penyerap zat warna dan pengemulsi. Kitosan juga dimanfaatkan sebagai adsorben/pengkelat logam.

**Tabel 2.3** Sifat Kimia dan Biologi Kitosan (Dutta,dkk. 2004)

Sifat Kimia	Sifat Biologi
<ul style="list-style-type: none"><li>• Linear <i>Polyamine</i></li><li>• Kelompok Amino reaktif</li><li>• Kelompok <i>Hydroxil</i> reaktif</li><li>• Dapat mentransisikan banyak ion metal</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Biokompatibel</li><li>• Biodegradabel untuk konstituen tubuh normal</li><li>• Aman dan tidak beracun</li><li>• Polimer Alami</li><li>• Mengikat ke sel mamalia dan mikroba secara agresif</li><li>• Hemostatik, Fungistatik, Spermisida, dan Antitumor.</li></ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mempercepat pembentukan osteoblas yang bertanggung jawab untuk pembentukan tulang.</li> </ul>
--	--

Untuk aplikasi implan, kitosan memiliki kemampuan osteokonduktif yang menyebabkan material implant dapat merekat dengan baik pada jaringan tulang. Pada penelitian Zhu,dkk (2002), material PLA dengan modifikasi kitosan pada permukaan diuji adhesi nya dengan sel fibroblast. Hasil yang didapatkan yaitu PLA yang telah dilapisi kitosan memiliki adhesi yang lebih baik terhadap sel daripada permukaan tanpa kitosan. Selain itu kitosan juga mempercepat pertumbuhan osteoblast pada tulang. Osteoblast merupakan sel yang dihasilkan jaringan yang bertanggung jawab dalam pembentukan tulang. (Dutta,dkk.2004)

Selain itu,kitosan memiliki sifat *antimicrobial* sehingga sangat baik untuk implan. Kitosan membunuh bakteri dengan cara bereaksi dengan dinding sel bakteri yang menyebabkan hilangnya penyusun dinding sel seperti protein,asam amino, dan glukosa sehingga metabolisme bakteri tersebut rusak. Kitosan memberikan efek penghambatan yang lebih tinggi pada *Escherichia coli* (bakteri gram negatif) dibandingkan pada *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis* (bakteri gram positif). Perbedaan struktur dinding sel pada bakteri gram negatif dan gram positif menyebabkan perbedaan respon bakteri terhadap kitosan. Penghambatan yang

---

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**





lebih besar pada bakteri gram negatif disebabkan oleh dinding sel bakteri gram negatif yang lebih tipis yang terdiri dari peptidoglikan 10% dan kandungan lipid tinggi (11-22%). Sedangkan bakteri gram positif memiliki dinding sel yang tebal yang terdiri dari peptidoglikan lebih dari 50% dan kandungan lipid rendah (Chung,dkk.2004).

## **2.5 Nanopartikel Perak (AgNPs)**

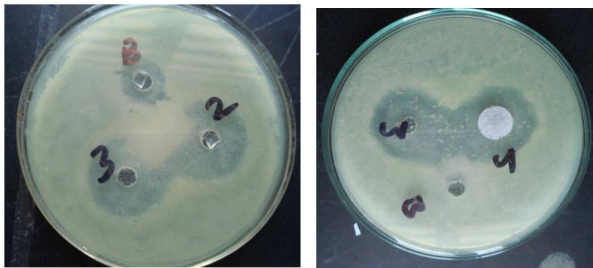
Nanoteknologi adalah ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer. Jadi nanoteknologi tidak hanya sebatas bagaimana cara menghasilkan material atau partikel yang berukuran nanometer, melainkan memiliki pengertian yang lebih luas termasuk bagaimana cara memproduksi serta mengetahui kegunaan sifat baru yang muncul dari material nano yang telah dibuat.

Nanoteknologi banyak menarik perhatian tidak hanya para ilmuwan dan peneliti, melainkan juga para pengusaha karena diyakini bahwa aplikasi nanoteknologi di berbagai bidang merupakan era revolusi industri di abad 21 dan memiliki prospek ekonomi yang sangat besar. Dengan nanoteknologi, dimungkinkan dapat dibuat material berukuran nano atau sering disebut nanopartikel. Nanopartikel memiliki banyak kegunaan antara lain sebagai detektor, katalis, zat pelapis permukaan, dan antibakteri. Di antara nanopartikel logam, nanopartikel perak banyak mendapat perhatian karena sifat fisik dan kimianya. Perak telah digunakan untuk pengobatan penyakit medis selama lebih dari 100 tahun karena memiliki sifat alami sebagai anti bakteri dan anti jamur serta sifatnya yang tidak toksik terhadap kulit manusia. Dengan nanoteknologi, dimungkinkan untuk pembuatan partikel perak pada skala nano sehingga secara kimia lebih reaktif dibandingkan partikel perak yang lebih besar.

Nanopartikel perak memiliki sifat yang stabil dan aplikasi yang potensial dalam berbagai bidang antara lain sebagai katalis, detektor sensor optik, dan agen antimikroba. Sebagian besar pemanfaatannya adalah sebagai agen antimikroba (Junaidi,dkk.



2015). Nanopartikel perak dapat berinteraksi langsung dengan bakteri, sehingga menyebabkan bakteri tersebut mati. *Antimicrobial* dari nanopartikel perak dapat melawan bakteri dengan gram positif dan gram negatif. Gambar 2.3 memperlihatkan hasil uji *antimicrobial* pada material sintesis nanopartikel perak dengan bakteri *E.Coli* (Gram Negatif) dan *Bacillus megaterium* (Gram Negatif). Dapat dilihat kedua sampel terdapat zona inhibisi yang membuktikan nanopartikel perak memiliki sifat *antimicrobial*.



**Gambar 2.3** Hasil uji *antimicrobial* nanopartikel perak dengan bakteri (a) *E.Coli* (Gram Negatif) dan (b) *Bacillus megaterium* (Gram Negatif) (Guzman, dkk. 2009).

Kemampuan antibakteri nanopartikel perak dipengaruhi oleh karakteristik fisik nano material seperti ukuran, bentuk, dan sifat permukaan. Selain itu, rasio luas permukaan terhadap volume semakin meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel sehingga nanopartikel perak memiliki kemampuan antibakteri yang lebih kuat. Semakin kecil ukuran nanopartikel perak, semakin besar efek antimikrobanya (Guzman, dkk. 2009). Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ukuran partikel dalam sintesis yaitu temperatur larutan, konsentrasi garam dan agen pereduksi dan waktu reaksi. Bentuk dan ukuran nanopartikel perak merupakan hal penting dalam penentuan sifat optik, listrik, magnet, katalis dan antimikroba. Antibakteri nanopartikel perak dipengaruhi oleh ukuran partikel, semakin kecil ukuran partikel semakin besar efek antimikroba (Guzman, dkk. 2009).

---

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA



## 2.6 Elektrokimia

Elektrokimia merupakan ilmu kimia yang mempelajari tentang perpindahan elektron yang terjadi pada sebuah media pengantar listrik (elektroda). Elektroda terdiri dari elektroda positif dan elektroda negatif. Hal ini disebabkan karena elektroda tersebut akan dialiri oleh arus listrik sebagai sumber energi dalam pertukaran elektron. Konsep elektrokimia didasari oleh reaksi reduksi-oksidasi (redoks) dan larutan elektrolit. Reaksi redoks merupakan gabungan dari reaksi reduksi dan oksidasi yang berlangsung secara bersamaan. Pada reaksi reduksi terjadi peristiwa penangkapan elektron sedangkan reaksi oksidasi merupakan peristiwa pelepasan elektron yang terjadi pada media pengantar pada sel elektrokimia.

Proses elektrokimia membutuhkan media pengantar sebagai tempat terjadinya serah terima elektron dalam suatu sistem reaksi yang dinamakan larutan. Pada proses elektrokimia tidak terlepas dari logam yang dicelupkan pada larutan disebut elektroda. Terdiri dari katoda dan anoda. Zat yang mengalami oksidasi dinamakan reduktor, sedangkan zat yang mengalami reduksi disebut oksidator.

Sel elektrokimia terdiri dari sel volta dan sel elektrolisis. Sel Volta Sel Volta merupakan sel elektrokimia yang menghasilkan energi listrik diperoleh dari reaksi kimia yang berlangsung spontan. Pada sel Volta anoda adalah kutub negatif dan katoda kutub positif. Anoda dan katoda akan dicelupkan kedalam larutan elektrolit yang terhubung oleh jembatan garam. Jembatan garam memiliki fungsi sebagai pemberi suasana netral (*grounding*) dari kedua larutan yang menghasilkan listrik. Sedangkan sel elektrolisis merupakan sel elektrokimia yang menggunakan sumber energi listrik untuk mengubah reaksi kimia yang terjadi. Pada sel elektrolisis katoda memiliki muatan negatif sedangkan anoda memiliki muatan positif. Sesuai dengan prinsip kerja arus listrik. Terdiri dari zat yang dapat mengalami proses ionisasi, elektroda dan sumber listrik. Listrik dialirkan dari kutub



negatif dari sumber listrik ke katoda yang bermuatan negatif. Larutan akan mengalami ionisasi menjadi kation dan anion. Kation di katoda akan mengalami reduksi sedangkan di anoda akan mengalami oksidasi. (Silberberg, 2007)

Salah satu aplikasi dari sel elektrolisis yaitu proses *Electrodeposition*. *Electrodeposition* merupakan pelapisan material dengan menggunakan arus listrik. Contoh *Electrodeposition* antara lain *Electroplating*, *Electrophoretic Deposition*, dan *Underpotential Deposition*.

## 2.7 Electrophoretic Deposition

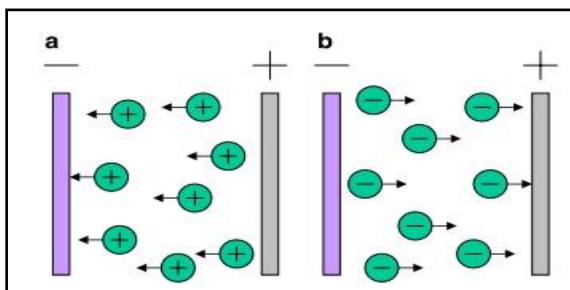
*Electrophoretic Deposition* (EPD) atau Deposisi elektroforesis adalah proses koloid yang menggunakan mekanisme elektroforesis untuk pergerakan partikel bermuatan dalam larutan di bawah medan listrik, untuk dideposisikan pada substrat untuk membentuk *thin* dan *thick film*, *coating* dan *free-standing bodies*. Dibandingkan dengan proses *advance* lainnya, proses EPD cukup fleksibel karena bisa dimodifikasi dengan mudah untuk aplikasi tertentu. Misalnya, deposisi dapat dilakukan pada substrat yang datar, silindris atau bentuk lain dengan hanya melakukan sedikit perubahan desain dan posisi elektroda. EPD didasarkan tidak hanya pada fleksibilitasnya yang tinggi yang dapat digunakan pada material dengan kombinasi yang berbeda tapi juga karena EPD adalah proses yang hemat biaya karena hanya membutuhkan peralatan pengolahan sederhana. Apalagi EPD memiliki potensi tinggi untuk skala hingga ukuran produk yang besar, mulai dari mikrometer sampai meter, dan bisa disesuaikan dengan berbagai bentuk perangkat dan komponen (Boccaccini, dkk. 2014).

Menurut Besra, dkk (2007), kelemahan dari proses EPD yaitu kekuatan adhesi dari lapisan dan substrat kurang baik. Hal ini antara lapisan dan substrat hanya terdapat ikatan fisik. Ikatan fisik merupakan ikatan yang lemah. Ikatan yang lebih kuat adalah ikatan kimia. Dengan ikatan fisik, partikel hanya menempel pada permukaan substrat, dan terperangkap pada celah di permukaan. Sedangkan dengan ikatan kimia, molekul tidak hanya menempel



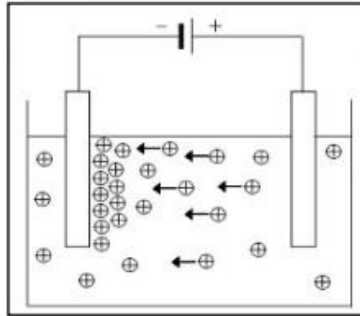
di permukaan namun juga berikatan dengan unsur penyusun lapisan.

Ada dua jenis deposisi elektroforesis tergantung pada elektroda mana deposisi terjadi. Bila partikel suspensi bermuatan positif, pengendapan terjadi pada katoda dan prosesnya disebut deposisi elektroforesis katodik. Partikel suspensi bermuatan negatif akan menuju ke elektrode positif (anoda) disebut sebagai deposisi elektroforesis anodik. Skema pergerakan tersebut diperlihatkan pada Gambar 2.4. Dengan modifikasi yang sesuai dari muatan permukaan pada partikel, salah satu dari dua mode deposisi adalah mungkin dilakukan. (Besra,dkk. 2007)



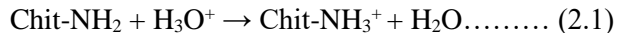
**Gambar 2.4** Dua jenis deposisi elektroforesis (a) Katodik EPD dan (b) Anodik EPD (Besra,dkk. 2007)

Menurut Bouyer dan Foissy (2001), proses EPD terdiri dari dua langkah. Tahap pertama yaitu setelah diberikan aliran listrik, partikel bermuatan dari suspensi akan bergerak ke salah satu elektroda yang memiliki muatan yang berlawanan. Tahapan kedua yaitu proses deposisi dimana partikel tersebut menempel pada elektroda tersebut. Kemudian akan menutup rapat permukaan logam secara homogen dan membentuk lapisan tipis. Lapisan ini dapat dikatakan sebagai hasil partikel yang menempel pada logam substratnya. Pergerakan partikel ke arah elektroda ditunjukkan oleh Gambar 2.5

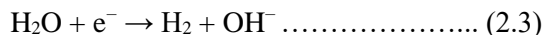


**Gambar 2.5** Pergerakan partikel ke arah elektroda (Corny,2008)

Pada proses *electrophoretic deposition* kitosan/AgNPs, suspensi yang digunakan hasil campuran dari kitosan, asam asetat, perak nitrat dan Air. Pada saat kitosan dilarutkan dalam asam asetat terjadi proses pelarutan dimana gugus amina pada kitosan mengalami protonasi dari  $\text{-NH}_2$  menjadi  $\text{-NH}_3^+$  yang ditunjukkan reaksi berikut:



Setelah dialirkan arus saat proses elektrofresis, molekul kitosan yang bermuatan bergerak menuju katoda. Saat proses elektroforesis berlangsung, dihasilkan gelembung-gelembung udara dipermukaan katoda. Hal ini disebabkan karena pada katoda terjadi reaksi katodik yang menghasilkan gas  $\text{H}_2$ . Reaksi yang terjadi pada katoda adalah sebagai berikut:



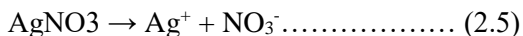
Kitosan yang bergerak menuju katoda membentuk endapan pada permukaan katoda. Ion  $\text{OH}^-$  pada katoda menyebabkan kitosan yang telah terprotonasi kehilangan muatannya dan membentuk



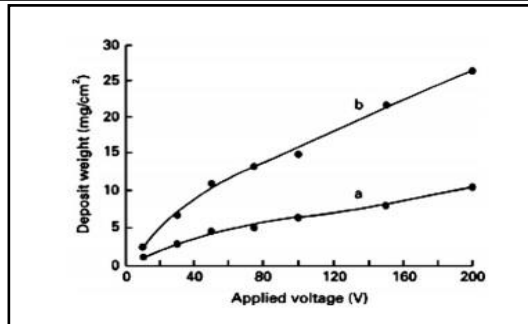
endapan yang tidak larut (Zhitomirsky,dkk.2007). Proses pembentukan endapan ditunjukkan pada reaksi berikut:



Pada waktu perak nitrat dilarutkan dalam air, terbentuk ion  $\text{Ag}^+$  dan  $\text{NO}_3^-$ . Ion  $\text{Ag}^+$  yang bermuatan positif akan menuju ke katoda dan ion  $\text{NO}_3^-$  akan menuju ke anoda.



Beberapa faktor juga harus diperhatikan dalam proses deposisi elektroforesis. Salah satunya yaitu ukuran partikel suspensi. Penting agar partikel tetap benar-benar tersebar dan stabil sehingga homogen dan terdeposisi secara halus pada substrat. Untuk partikel yang lebih besar, masalah utamanya adalah mereka cenderung mengendap karena gravitasi. Idealnya, mobilitas partikel karena elektroforesis harus lebih tinggi sehingga dapat mengalahkan gravitasi. Sulit untuk mendapatkan deposisi seragam dari partikel besar dari suspensi. Pengendapan akan menyebabkan gradien pada deposisi, yaitu lebih tipis di atas dan deposit lebih tebal di bagian bawah saat pengendapan elektroda ditempatkan vertikal. Selain itu tegangan yang diaplikasikan juga merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan. Biasanya jumlah endapan akan meningkat seiring dengan peningkatan tegangan yang diaplikasikan (Besra,dkk. 2007). Pada gambar 2.6 diperlihatkan bahwa dengan peningkatan tegangan yang digunakan pada proses EPD (dengan penerapan waktu yang sama), dihasilkan endapan yang semakin berat.



**Gambar 2.6** Berat hidroksiapatit yang diendapkan pada substrat Ti6Al4V dari suspensinya dalam isopropil alkohol dengan waktu (a) 30 detik dan (b) 120 detik  
(Besra,dkk. 2007)

Basu dkk. (2001) menemukan bahwa ketebalan film lebih seragam pada kuat medan (25-100 V / cm), sedangkan kualitas film memburuk jika kuat medan yang diberikan yang relatif lebih tinggi ( $> 100$  V / cm). Karena pembentukan partikulat film pada elektroda adalah fenomena kinetik, tingkat akumulasi partikel mempengaruhi perilaku penyebaran dalam pelapisan. Untuk kuat medan yang lebih tinggi, dapat menyebabkan turbulensi dalam suspensi, rapat arusnya tidak stabil.

Ketertarikan terhadap proses EPD telah pada beberapa tahun ini, baik di bidang biomaterial maupun di sektor industri. Aplikasi EPD di bidang biomedis sedang diperluas untuk mencakup berbagai fungsional, seperti lapisan nano dan lapisan komposit, lapisan tipis, biomaterial berpori, perancah jaringan, dan juga untuk pengendapan biopolimer, nanopartikel bioaktif, nanotube karbon (CNT) dan entitas biologis (misalnya protein). Penerapan EPD di bidang biomaterial yang umum dilakukan yaitu pelapisan hidroksiapatit pada substrat seperti Stainless steel atau Titanium yang diaplikasikan untuk implan. (Boccaccini,dkk. 2014).



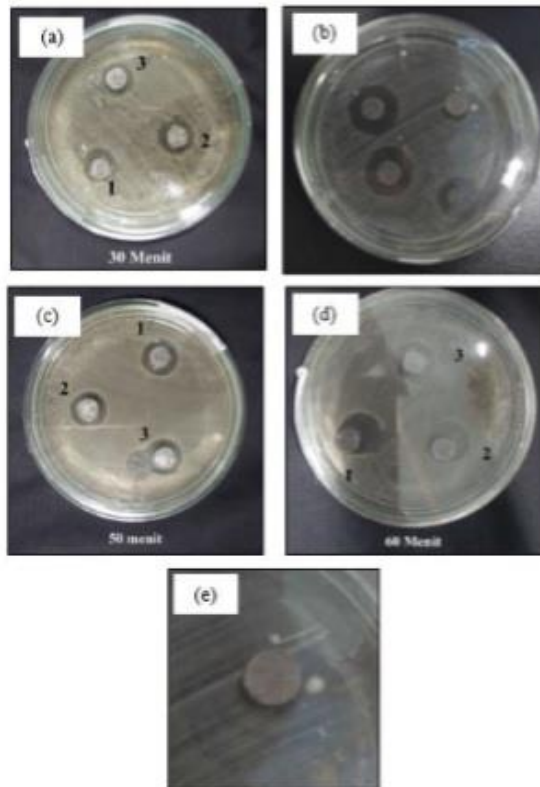


---

## 2.8 Metoda Kirby-Bauer : *disk diffusion test*

Pengujian Antimicrobial atau biasa juga disebut uji sensitivitas antibakteri merupakan pengujian yang bertujuan untuk menentukan potensi suatu material atau zat yang diduga atau telah memiliki aktivitas sebagai antibakteri (Jawetz et al., 2001). Ada berbagai macam pengujian antimicrobial, salah satu nya adalah *disk diffusion test* atau metoda Kirby Bauer. Metode ini merupakan metode yang rendah biaya dan mudah dilakukan sehingga cukup sering digunakan. (Endang dkk, 2008)

Sebuah cawan disiapkan dan dimasukkan bakteri yang akan digunakan sebagai pengujian. Material yang ingin diuji sifat antimicrobial-nya diletakan ke dalam cawan tersebut, lalu dibiarkan sampai waktu yang telah ditentukan. Jika sampel tersebut memiliki sifat *antimicrobial* terhadap bakteri tersebut, akan terdapat daerah jernih atau tidak ada bakteri pada sampel. Area jernih disekitar sampel ini disebut sebagai zona inhibisi. Jika zona inhibisi nya besar atau sama dengan ukuran standar, maka bakteri tersebut sensitif terhadap sampel. Sebaliknya, jika zona tersebut lebih kecil dari ukuran standar, maka bakteri dianggap tahan.



**Gambar 2.7** Visualisasi hasil Disk diffusion test lapisan tipis Ag-TiO<sub>2</sub> (Wardani, 2018)

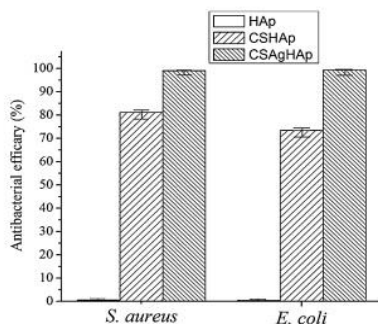
## 2.9 State of the Art

Sudah banyak penelitian tentang lapisan tipis dan hubungannya terhadap sifat *antimicrobial*. Salah satunya yaitu penelitian dilakukan oleh Phisbin,dkk (2013) yang berjudul “*Single-step electrochemical deposition of antimicrobial orthopaedic coatings based on a bioactive glass/chitosan/nano-silver composite system*”. Penelitian ini dilakukan pada substrat Stainless Steel 316L yang dideposisikan dengan metode



*Electrophoretic Deposition*. Pada penelitian ini, Phisbin,dkk (2013) membandingkan sifat *antimicrobial* dari lapisan tipis komposit Kitosan/*Bioglass* dan komposit Kitosan/*Bioglass*/*nano Ag*. Bakteri yang diujikan pada sampel yaitu *S. aureus*. Hasil yang didapat yaitu sampel Kitosan/*Bioglass* juga mampu menghambat pertumbuhan bakteri namun ditingkat yang lebih rendah daripada sampel yang ditambahkan *nano Ag*. Penambahan *nano Ag* menjadikan zona inhibisi dari komposit ini menjadi lebih besar.

Pada tahun 2015, Yan,dkk melakukan penelitian tentang efek penambahan kitosan dan *nano silver* terhadap sifat *antimicrobial*. Dengan substrat  $\text{TiO}_2$  *nanotube*, Yan,dkk membandingkan 3 sampel dengan lapisan tipis masing-masing yaitu Hidroksi Apatit (HA), komposit HA/Kitosan, dan komposit HA/Kitosan/*nanosilver*. Pengujian dengan menggunakan bakteri *E.Coli* dan *S.Aureus*. Dapat dilihat dari gambar 2.8,dengan penambahan kitosan dan *nanosilver* sifat *antimicrobial* dari  $\text{TiO}_2$  *nanotube* akan semakin meningkat.



**Gambar 2.8** Efek antibakteri dari lapisan CSAgHAp dengan bakteri *E. coli* dan *S.aureus* (Yan,dkk. 2015)

Cometa,dkk (2017) melakukan analisis *antimicrobial* pada Titanium yang dilapisi dengan PAA/Kitosan dan PAA/Kitosan/Ag. Cometa membandingkan sifat *antimicrobial* dari ketiga sampel tersebut dengan bakteri *S.Aureus*. Hasil yang didapat yaitu Titanium tanpa lapisan memiliki sifat *antimicrobial* paling buruk



sedangkan yang dilapisi dengan PAA/Kitosan/Ag memiliki sifat paling baik. Hal ini dibuktikan dengan jumlah sel bakteri yang hidup pada sampel PAA/Kitosan/Ag jauh lebih sedikit daripada sampel lainnya.

Pada penelitian tahun 2018, Jeremy menggunakan material Ag sebagai target pada substrat  $\text{Ti-6Al-4V}$  dengan metode *Physical Vapour Deposition* (PVD). Variasi gas Nitrogen ( $0,4 \times 10^{-2}$  mbar,  $0,6 \times 10^{-2}$  mbar,  $0,8 \times 10^{-2}$  mbar, dan  $1 \times 10^{-2}$  mbar) dilakukan untuk menganalisis pengaruhnya terhadap sifat *antimicrobial* lapisan tipis Ag. Pengujian SEM-EDX, XRD, AFM, kekuatan adhesi, dan kemampuan *antimicrobial* dilakukan. Hasil yang didapat adalah meningkatnya tekanan gas Nitrogen menyebabkan kekasaran pada lapisan tipis menurun. Kemampuan *antimicrobial* paling baik didapatkan dengan penambahan tekanan gas Nitrogen optimal ( $0,4 \times 10^{-2}$  mbar) pada proses PVD.

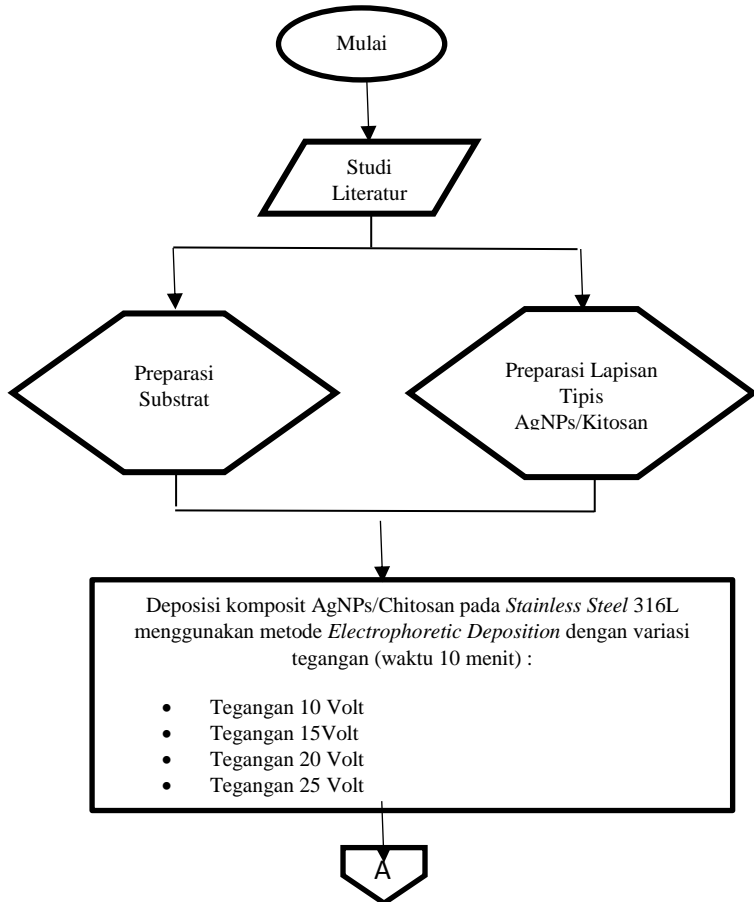
Airlangga (2018) juga melakukan penelitian tentang sifat *antimicrobial* pada lapisan tipis. Penelitian ini menggunakan material Ag dan  $\text{TiO}_2$  sebagai target dan SS 316L sebagai substrat dan menggunakan proses PVD untuk deposisinya. Perbandingan luas area target Ag :  $\text{TiO}_2$  (20:80, 35:65, 50:50, 65:35) menjadi variasi untuk menganalisis pengaruhnya terhadap sifat *antimicrobial*. Penelitian ini menghasilkan bahwa semakin besar luas area target Ag maka akan semakin besar zona inhibisi yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dengan luas area target Ag 20% dan  $\text{TiO}_2$  80% memiliki zona inhibisi paling kecil yaitu 6,8 mm, sedangkan sampel dengan luas area target Ag 65% dan  $\text{TiO}_2$  35% memiliki zona inhibisi paling besar yaitu 8,6 mm.

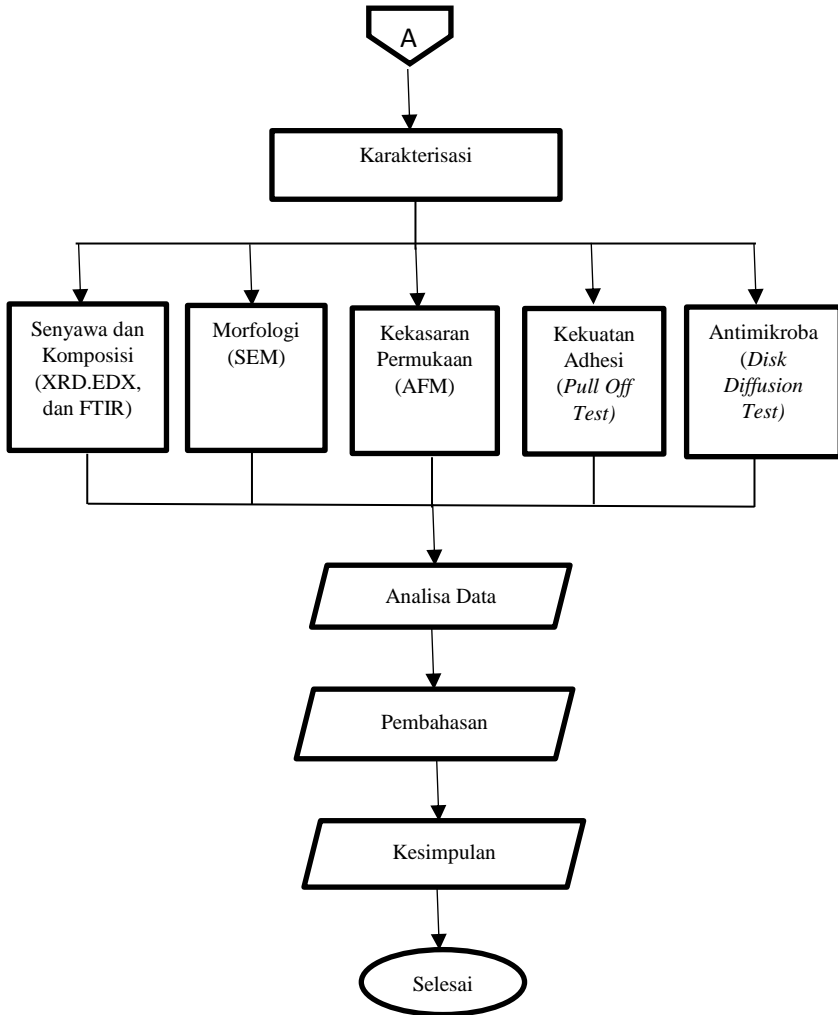
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir untuk penelitian Analisis Pengaruh Tegangan Pada Lapisan Tipis Kitosan – AgNPs terhadap Sifat *AntiMicrobial* Pada Proses *Electrophoretic Deposition* :





**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian



### 3.2. Rancangan Penelitian

**Tabel 3.1** Rancangan Penelitian Tugas Akhir

Proses Fabrikasi	Pengujian					
Tegangan (volt)	Uji SEM	Uji XRD	Uji FTIR	Uji AFM	Uji Adhesi	Uji <i>Antimicrobial</i>
10	✓	✓	-	✓	✓	✓
					✓	✓
					✓	✓
15	✓	✓	✓	✓	✓	✓
					✓	✓
					✓	✓
20	✓	✓	-	✓	✓	✓
					✓	✓
					✓	✓
25	✓	✓	-	✓	✓	✓
					✓	✓
					✓	✓

Pengujian tanpa merusak seperti SEM, EDX, XRD, AFM, dan FTIR dapat dilakukan pada satu sampel yang sama, dilanjutkan dengan pengujian adhesi test setelah melakukan pengujian tanpa merusak. *Antimicrobial test* dilakukan pada satu sampel yang lain karena setelah pengujian ini sampel tidak dapat digunakan kembali. Sehingga, total sampel yang digunakan sebanyak 24 sampel dan 1 sampel sebagai pembanding.

### 3.3. Preparasi Material dan Proses Deposisi

Pertama yaitu mempersiapkan alat dan bahan penelitian untuk digunakan pada proses *Electrophoretic Deposition*. Substrat yang digunakan berupa Stainless Steel tipe 316L yang kemudian dipotong menggunakan wire cut sehingga mendapatkan dimensi dengan panjang (10x15) mm dan tebal 1,5 mm. Substrat



kemudian digrinding dengan amplas grade 800. Dalam penelitian ini digunakan SS 316L sebagai substrat. Grafit sebagai anoda pada proses deposisi ini berbentuk silinder berdiameter 10 mm dengan panjang 5cm.

Larutan elektrolit yang digunakan pada proses EPD untuk stainless steel adalah komposit kitosan - perak nitrat. Larutan kitosan - perak nitrat dipilih karena dalam penelitian sebelumnya larutan ini menunjukkan hasil yang optimal untuk aplikasi peningkatan sifat antimikroba untuk material SS 316L. Preparasi larutan elektrolit adalah sebagai berikut, 25 mg kitosan dicampur dalam 490 ml aquades + 10 ml asam asetat. Larutan kemudian diaduk dengan magnetic stirrer selama 5 jam pada temperatur ruang. Larutan perak nitrat ditambahkan pada suspensi yang telah disiapkan dengan konsentrasi final 1 mM.

Substrat SS 316L dihubungkan dengan kutub negatif pada power supply dan menghubungkan elektroda grafit dengan kutub positif. Mencelupkan kedua sisi masing-masing elektroda ke dalam larutan suspensi. Kemudian mengatur voltage dengan variasi (10,15,20,25) Volt dengan masing-masing waktu 10 menit.

### 3.4 Pengujian

#### 3.4.1 *Scanning Electron Microscopy (SEM) & Energy Dispersive X-ray (EDX)*

Pengujian menggunakan SEM-EDX dilakukan di Departemen Teknik Material ITS menggunakan instrument Scanning Electron Microscopy (SEM) tipe FEI INSPECT 550 dan dengan tujuan mengetahui morfologi dan topografi permukaan, unsur yang ada, dan senyawa yang terbentuk pada sampel. Ukuran sampel yang digunakan yaitu (10x15x1,5)mm<sup>2</sup> dengan lapisan tipis komposit Kitosan/AgNPs.

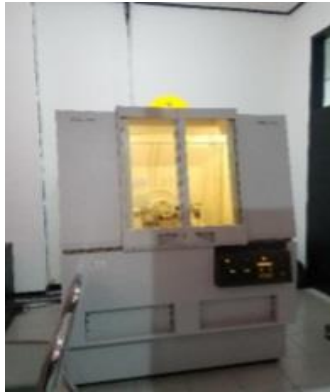




**Gambar 3.2** Alat Pengujian SEM & EDX

#### **3.4.2 X-Ray Diffraction (XRD)**

Pengujian XRD dilakukan di Departemen Teknik Material ITS dengan tujuan untuk mengidentifikasi senyawa yang terbentuk pada SS316L setelah dilapisi Komposit Kitosan/AgNPs. Setelah mendapatkan grafik dari serangkaian pengujian menggunakan XRD maka selanjutnya akan diidentifikasi dengan bantuan software dan data base *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS) untuk mengetahui senyawa yang terbentuk pada material paduan.



**Gambar 3.3** Alat Pengujian XRD

#### **3.4.3 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)***

Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Karakterisasi Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS Surabaya menggunakan instrumen *Thermo Scientific Nicolet IS10* seperti yang ditunjukkan Gambar 3.4. Pengujian FTIR bertujuan untuk menentukan gugus fungsi tertentu yang terbentuk pada spesimen uji. Gugus fungsi tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Usahakan sampel yang diuji mempunyai permukaan dan ketebalan yang rata.



**Gambar 3.4** Alat Pengujian FTIR

#### **3.4.4 Pengujian Kekasaran Permukaan dengan *Atomic Force Microscopy (AFM)***

Atomic Force Microscopy merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kekasaran dan topografi dalam ukuran mikro pada permukaan lapisan tipis yang terbentuk. Pengujian menggunakan AFM dilakukan di Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



**Gambar 3.5** Alat Pengujian AFM



#### **3.4.5 Pengujian Adhesive Menggunakan Pull Off Test**

Pengujian Daya lekat Coating dilakukan untuk mengetahui kekuatan adhesi dari sampel dan substrat. Pengujian ini dilaksanakan pada CV.Cipta Agung dengan pengujian *pull off test*. Sebelum pengujian, dilakukan preparasi dengan membersihkan permukaan sampel untuk menghilangkan kotoran pada permukaan. Dolly dengan diameter 10mm dibersihkan dengan kertas amplas grade 200. Pada pengujian ini permukaan sampel diberikan adhesive lalu lekatkan permukaan dolly dan ditunggu selama 12 jam. Tarik dolly dari permukaan dengan alat adhesion tester sampai dolly terlepas. Angka yang terdapat pada adhesion tester menunjukkan nilai daya lekat lapisan dan sampel. Nilai yang didapatkan dibandingkan tiap sampel.

#### **3.4.6 Pengujian Antimicrobial Menggunakan Metode Disk Diffusion Test**

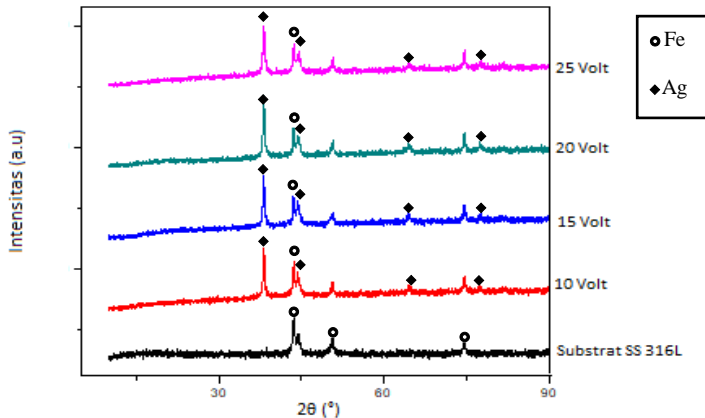
Pengujian ini bertujuan untuk melihat kemampuan *antimicrobial* dari material yang dihasilkan. Pengukuran area bening atau area yang tidak terkontaminasi oleh bakteri di sekitar sampel menjadi perhitungan kuantitatif untuk mengukur kemampuan *antimicrobial* dari sampel. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur manual, setelah itu dibandingkan hasil luas yang dihasilkan dengan sampel lain. Pengujian ini dilakukan di Departemen Biologi FMIPA ITS.

## BAB IV

### HASIL DAN ANALISA DATA

#### 4.1 Analisa Senyawa dan Gugus Fungsi

Untuk mengetahui senyawa yang terbentuk pada substrat yang dilapisi Kitosan/AgNPs, dilakukan pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD). Grafik pada Gambar 4.1 merupakan hasil pengujian dari beberapa sampel lapisan tipis dengan variasi tegangan yang berbeda.



**Gambar 4.1** Grafik XRD lapisan tipis Kitosan/AgNPs dengan variasi tegangan

Pada hasil XRD substrat SS316L ditemukan 3 peak, yaitu pada  $2\theta$  43,51° dan 50,63° dan 74,5° sesuai ICDD #03-065-5131, untuk  $2\theta$  43,6°, 50,7°, 74,5° masing-masing mewakili unsur Fe dengan orientasi kristal (111), (200), (220). Hal ini serupa dengan penelitian yang dilakukan Savaloni, dkk (2016). Pada penelitian tersebut menunjukkan hasil XRD SS 316L, terdapat peak pada  $2\theta$  yang sama yaitu 43,6°, 50,7°, 74,5° yang diindikasikan merupakan peak dari  $\gamma$ -Fe (Fe Austenite).



Pada pengujian XRD sampel yang telah dilapisi oleh Kitosan/AgNPs, ditemukan 4 peak dengan intensitas yang cukup tinggi yaitu pada  $2\theta$   $38^\circ$ ,  $44,3^\circ$ ,  $64,6^\circ$  dan  $77,4^\circ$ . Sesuai dengan JCPDS (01-1164), keberadaan Ag dapat terlihat pada  $2\theta$   $38,1^\circ$ ,  $44,3^\circ$ ,  $64,4^\circ$  dan  $77,4^\circ$  dengan orientasi kristal (111), (200), (220), (311). Keberadaan Ag diperkuat dengan peak pada  $2\theta$   $38^\circ$  merupakan peak tertinggi pada hasil XRD sampel. Pada setiap sampel lapisan tipis Kitosan/AgNPs terdeteksi unsur penyusun substrat yaitu Fe yang memiliki peak pada  $2\theta$  Theta yang sangat berdekatan yaitu pada peak  $43,5^\circ$ . Dengan semakin tinggi tegangan yang digunakan, peak Ag pada  $2\theta$   $44,3^\circ$  juga semakin meningkat intensitasnya dan peak Fe  $43,5^\circ$  menjadi semakin menurun intensitasnya.

Variasi tegangan yang diberikan pada sampel saat deposisi menghasilkan sedikit perbedaan. Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa di  $2\theta$   $38^\circ$  terlihat perubahan intensitas dari masing-masing sampel. Intensitas peak pada XRD ini dipengaruhi oleh kristalinitas Ag. Kenaikan intensitas dari tiap sampel dengan kenaikan tegangan menunjukkan bahwa semakin kristalin struktur Ag. Untuk sampel dengan tegangan dari 10 Volt ke 15 Volt, intensitas pada peak  $2\theta$   $38^\circ$  semakin tinggi. Begitu juga untuk sampel dengan tegangan 15 Volt ke 20 Volt. Sedangkan pada sampel dengan tegangan 25 Volt, peak  $2\theta$   $38^\circ$  menjadi lebih rendah dan melebar. Peak yang semakin melebar ini mengindikasikan terjadinya deformasi pada crystalline lattice dan adanya cacat pada kristal sehingga menghasilkan ketidaksempurnaan kristalisasi dari Ag (Ahmadpourian dkk, 2016)

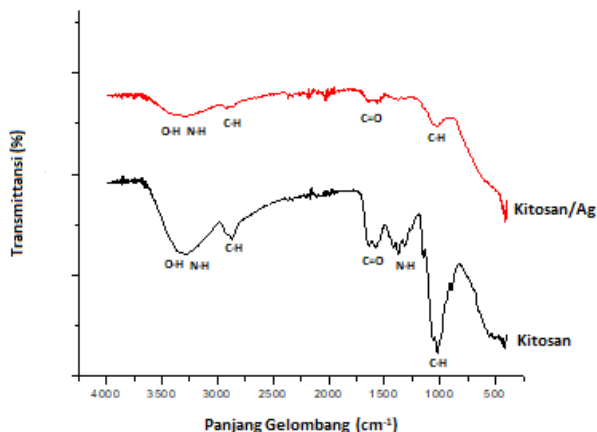
Untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari lapisan Kitosan/AgNPs, dilakukan pengujian FTIR. Gambar 4.2 merupakan hasil pengujian FTIR sampel lapisan kitosan dan sampel lapisan Cs-Ag

---

## **BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA**



Untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari lapisan Kitosan/AgNPs, dilakukan pengujian FTIR. Gambar 4.2 merupakan hasil pengujian FTIR sampel lapisan kitosan dan sampel lapisan Cs-Ag.



**Gambar 4.2** Grafik hasil pengujian FTIR kitosan dan sampel lapisan Kitosan/AgNPs

Pada gambar 4.2 grafik hasil pengujian FTIR kitosan diidentifikasi terdapat puncak serapan karakteristik kitosan pada gelombang  $3283,12 \text{ cm}^{-1}$  yaitu puncak dari O-H *stretching* dan N-H primer *stretching*,  $2872,31 \text{ cm}^{-1}$  yaitu puncak dari C-H *stretching*,  $1637,99 \text{ cm}^{-1}$  yaitu puncak dari C=O,  $1577,69 \text{ cm}^{-1}$  puncak dari N-H primer *bending*,  $1375,26 \text{ cm}^{-1}$  puncak dari C-H *bending* dan  $1058,58 \text{ cm}^{-1}$  puncak dari C-O *stretch* (Gyliene dkk, 2003).

O-H, N-H, dan C=O merupakan gugus fungsi khas dari kitosan (Varsha dkk, 2012). Dengan penambahan Ag, puncak absorbansi dari O-H *stretching* dan N-H primer *stretching* semakin melandai. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan

---

#### BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA



Maragoni dkk (2012) dan Varsha dkk (2013) di mana penambahan Ag pada kitosan menyebabkan melandainya puncak absorbansi dari O-H *stretching* milik gugus alkohol dan N-H primer *stretching* milik dari gugus amino. Penambahan Ag juga menyebabkan puncak absorbansi dari N-H primer bending menghilang dan puncak dari C=O bergeser dari gelombang  $1577,69 \text{ cm}^{-1}$  ke  $1559,21 \text{ cm}^{-1}$  karena ikatan koordinasi antara Ag dan kelompok kaya electron (oksigen / nitrogen) (Li dkk, 2013).

## 4.2 Analisa Komposisi

Hasil uji komposisi dengan menggunakan Energy Dispersive X-ray (EDX) dapat dilihat pada Tabel 4.1. Hasil uji komposisi didapatkan komposisi lapisan tipis Kitosan/AgNPs.

**Tabel 4.1** Hasil uji komposisi % wt lapisan tipis Kitosan/AgNPs

Sampel	% wt					
	Ag	Fe	Cr	Ni	C	O
10 Volt	32.22	43.38	12.22	07.82	02.36	2.00
15 Volt	36.65	40.37	11.50	06.66	02.70	02.12
20 Volt	44.71	32.84	09.70	05.75	03.46	03.45
25 Volt	55.60	24.42	07.23	04.77	04.29	03.59

Tabel 4.1 merupakan hasil uji komposisi EDX dari 4 sampel lapisan tipis Kitosan/AgNPs dengan variasi tegangan. Dari tabel tersebut, dapat dilihat masih terdapat unsur-unsur penyusun substrat yaitu Fe, Cr, dan Ni. Hal ini membuktikan bahwa deposisi lapisan tipis Kitosan/AgNPs hasil *Electrophoretic Deposition* masih belum menyeluruh sehingga masih ada substrat yang belum terlapsi. Akan tetapi, dengan meningkatnya tegangan yang diaplikasikan pada saat proses *Electrophoretic Deposition*, unsur-unsur penyusun substrat juga semakin berkurang dari permukaan. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya tegangan yang diaplikasikan, maka Ag yang terdeposisi juga semakin banyak.

## BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA





Begitu juga dengan unsur C dan O yang merupakan unsur utama penyusun rantai kitosan.

Dapat dilihat pada tabel 4.1 bahwa setiap peningkatan tegangan 5 Volt, komposisi berat (%wt) dari unsur Ag, C, dan O semakin tinggi, sedangkan unsur Fe, Ni, dan Cr akan semakin rendah. Oleh karena itu dengan meningkatnya tegangan yang diaplikasikan, substrat akan semakin tertutupi. Hal ini sesuai dengan teori bahwa pada proses *Electrophoretic Deposition*, jumlah endapan akan meningkat seiring dengan peningkatan tegangan yang diaplikasikan (Besra, dkk. 2007).

### **4.3 Analisa Morfologi**

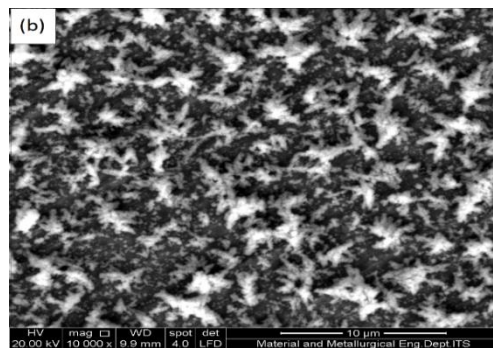
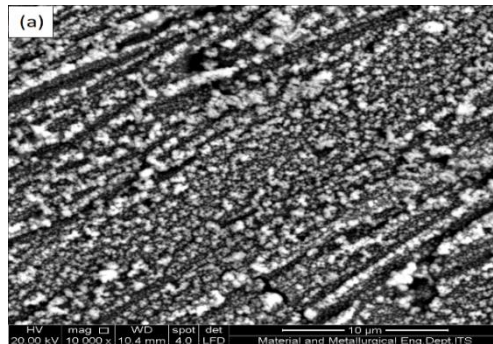
#### **4.3.1 Analisa Morfologi Permukaan**

Pengujian menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy) dilakukan untuk melihat dan menganalisa morfologi dari sampel lapisan tipis Kitosan/AgNPs. Gambar 4.3 merupakan hasil uji SEM dari sampel lapisan tipis Kitosan/AgNPs dengan variasi tegangan. Pada sampel (a) yaitu tegangan 5 Volt dapat dilihat banyak titik-titik putih dan beberapa gumpalan kecil berwarna putih. Titik putih tersebut diidentifikasi merupakan nanopartikel Ag (Paul, 2013). Pada sampel (b) yaitu tegangan 10 Volt, ukuran gumpalan menjadi lebih besar dan nanopartikel Ag menjadi lebih sedikit. Bertambahnya ukuran gumpalan ini berbanding lurus dengan pertambahan tegangan, dan sehingga pada sampel (c) dan (d) yaitu 20 Volt dan 25 Volt, gumpalan putih tersebut juga semakin membesar. Nanopartikel Ag memiliki potensi kuat untuk menggumpal, baik di udara maupun dalam larutan cair (Lankoff, 2012).

Dapat disimpulkan bahwa gumpalan putih pada permukaan tersebut merupakan aglomerat Ag. Jika dikorelasikan dengan tabel 4.1 hasil uji komposisi, dapat disimpulkan dengan

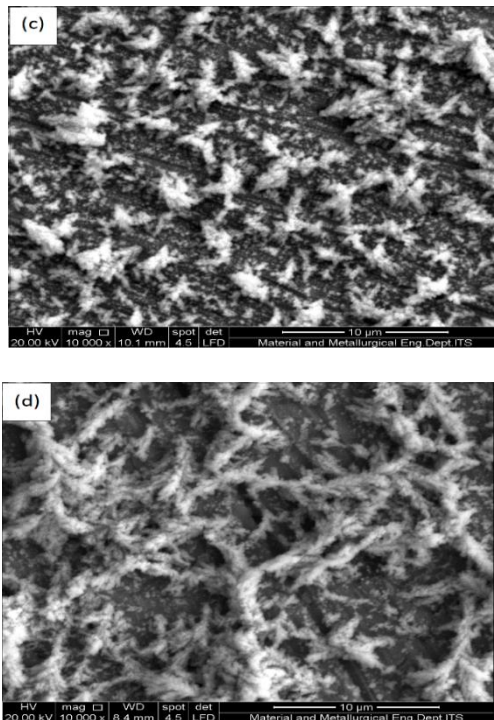


bertambah banyak nya partikel Ag yang terdeposisi pada substrat, maka semakin besar ukuran aglomerat Ag yang terbentuk.

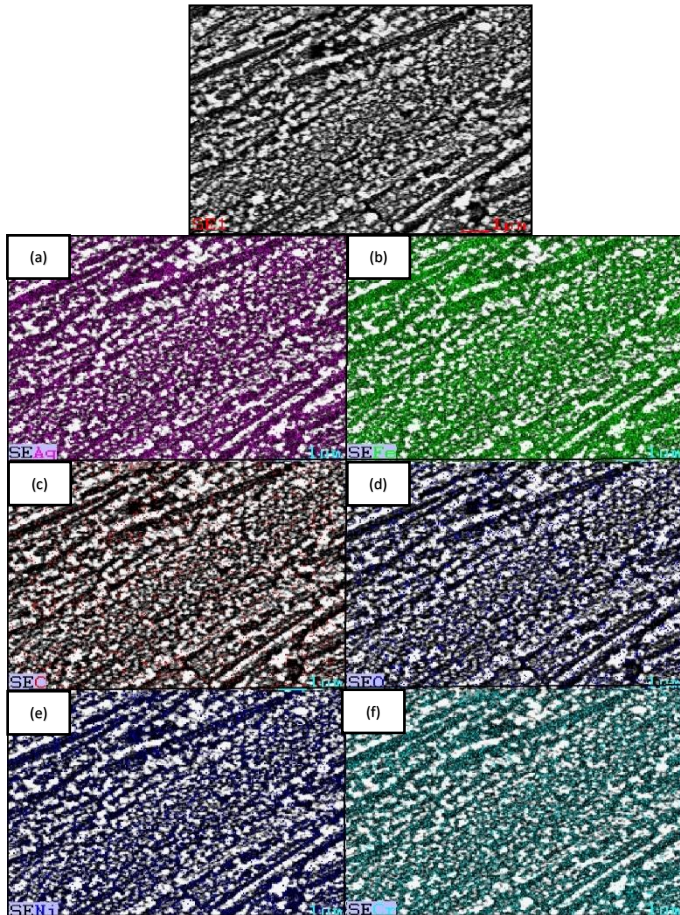


---

## BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA



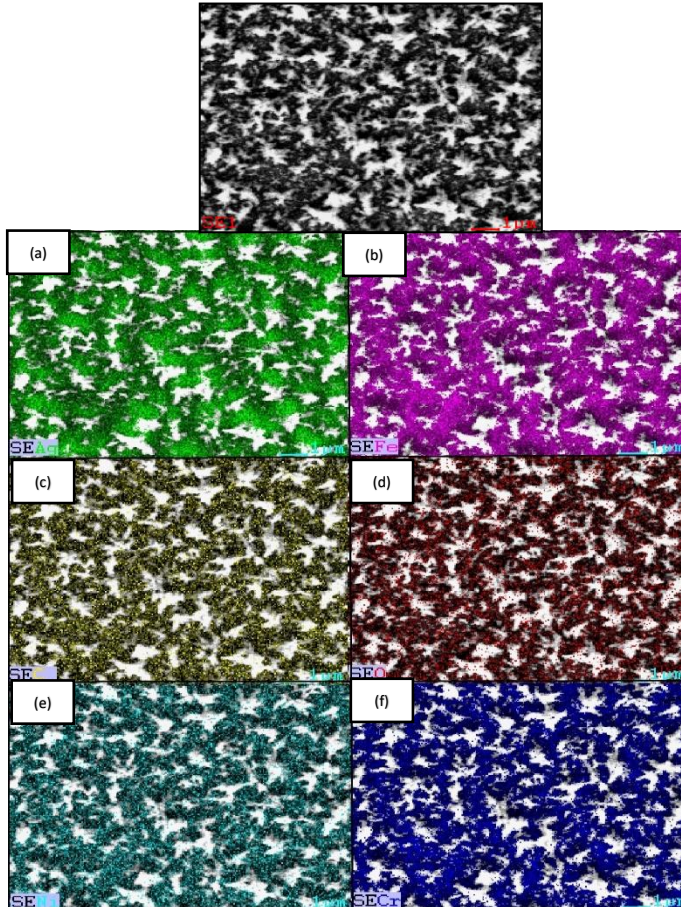
**Gambar 4.3** Hasil SEM permukaan lapisan tipis Kitosan/AgNPs perbesaran 10.000X; (a) 10 Volt, (b) 15 Volt, (c) 20 Volt, dan 25 Volt



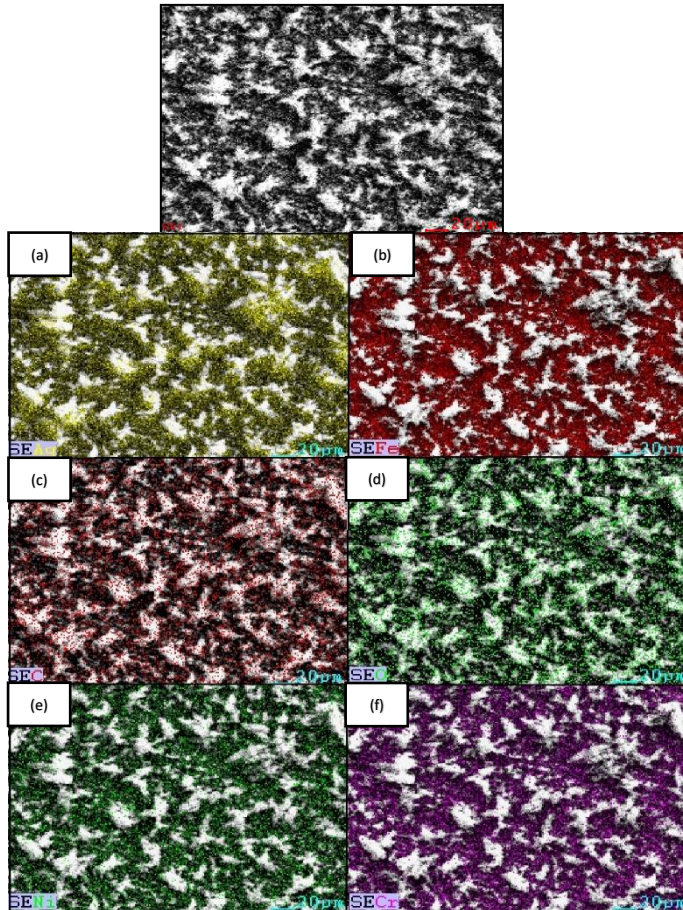
**Gambar 4.4** Hasil SEM dengan *element mapping* persebaran Ag-Cs dan substrat (Fe,Cr, dan Ni) perbesaran 10000x lapisan tipis Kitosan/AgNPs variasi tegangan 10 Volt unsur ; (a) Ag, (b) Fe, (c) C, (d) O, (e) Ni, (f) Cr

#### BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA



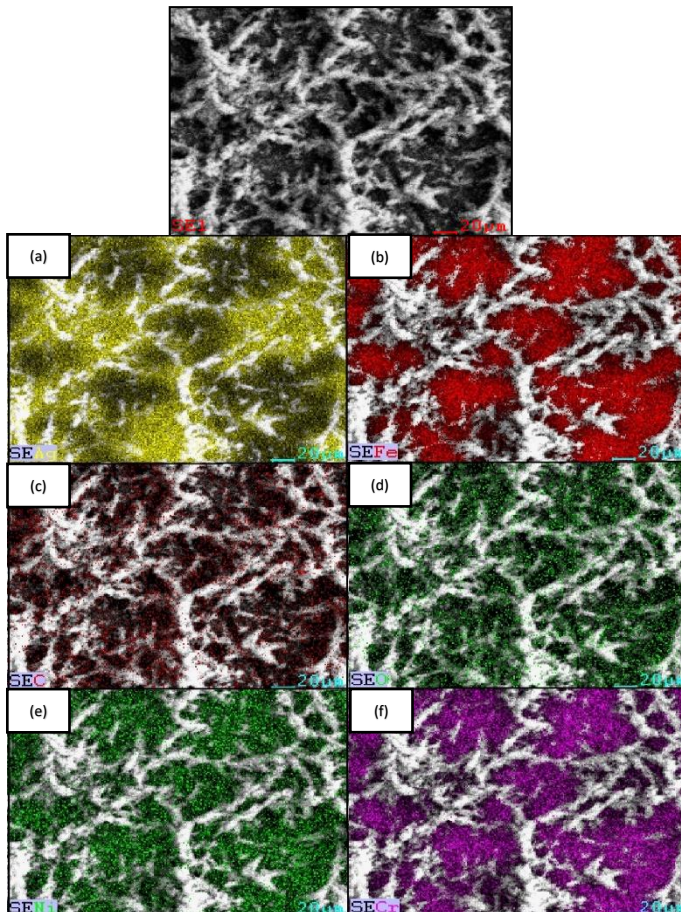


**Gambar 4.5** Hasil SEM dengan *element mapping* persebaran Ag-  
Cs dan substrat (Fe,Cr, dan Ni) perbesaran 10000x lapisan  
tipis Kitosan/AgNPs variasi tegangan 15 Volt unsur ; (a) Ag, (b)  
Fe, (c) C, (d) O, (e) Ni, (f) Cr



**Gambar 4.6** Hasil SEM dengan *element mapping* persebaran Ag-Cs dan substrat (Fe,Cr,dan Ni) perbesaran 10000x lapisan tipis Kitosan/AgNPs variasi tegangan 20 Volt unsur ; (a) Ag, (b) Fe, (c) C, (d) O, (e) Ni, (f) Cr

#### BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA

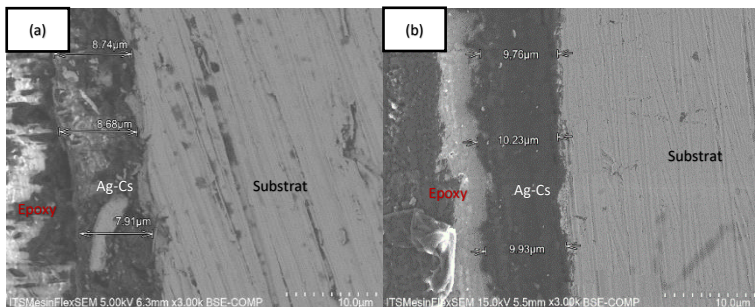


**Gambar 4.7** Hasil SEM dengan *element mapping* persebaran Ag-  
Cs dan substrat (Fe,Cr, dan Ni) perbesaran 10000x lapisan  
tipis Kitosan/AgNPs variasi tegangan 25 Volt unsur ; (a) Ag, (b)  
Fe, (c) C, (d) O, (e) Ni, (f) Cr



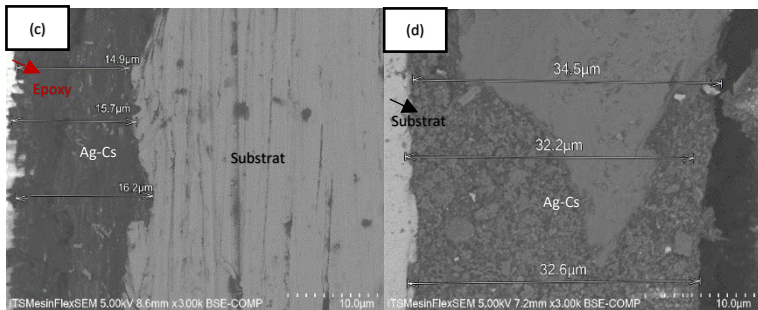


Gambar 4.4 hingga Gambar 4.7 merupakan hasil *element mapping* permukaan lapisan tipis Kitosan/AgNPs pada substrat SS 316 L (Fe, Cr, dan Ni). Dari gambar-gambar tersebut dapat dilihat bahwa unsur Ag, C, dan O yang merupakan unsur-unsur pembentuk lapisan tipis menjadi lebih banyak dengan kenaikan tegangan yang diberikan saat proses *Electrophoretic Deposition* (EPD). Dari gambar-gambar tersebut dapat terlihat persebaran dari partikel C dan O cukup merata pada permukaan. Tetapi persebaran dari partikel Ag pada permukaan tidak terlalu merata. Nanopartikel Ag lebih cenderung memupuk pada suatu bagian. Hal ini dikarenakan sifat dari nanopartikel Ag yang memiliki potensi tinggi menggumpal seiring dengan pertambahan komposisi nya. Akan tetapi seiring dengan kenaikan tegangan yang diberikan pada proses EPD, partikel Ag semakin menutupi permukaan substrat. Hal tersebut dibuktikan dengan semakin mengecilnya luasan dari persebaran unsur Fe, Ni, dan Cr yang merupakan unsur penyusun dari substrat. Hal ini diperkuat dengan hasil uji komposisi pada tabel 4.1 yang menunjukkan bahwa komposisi dari unsur penyusun substrat (Fe, Ni, dan Cr) semakin berkurang dengan kenaikan tegangan proses EPD.



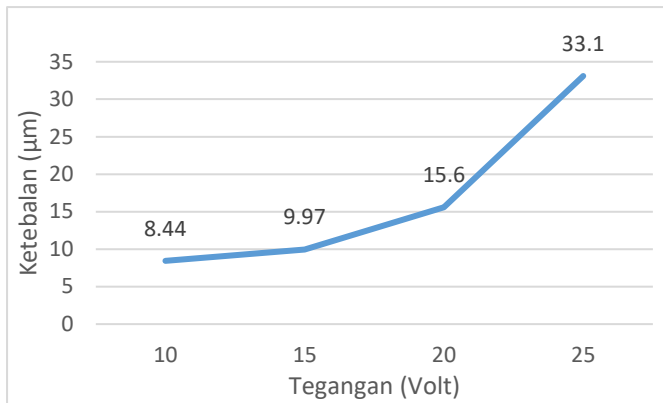
## BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA





**Gambar 4.8** Hasil SEM *cross section* lapisan KITOSAN/AgNPs perbesaran 3.000X; (a) 10 Volt, (b) 15 Volt, (c) 20 Volt, dan 25 Volt

Gambar 4.8 merupakan hasil pengujian SEM untuk melihat morfologi sampel lapisan tipis KITOSAN/AgNPs secara penampang melintang (*cross section*) dengan perbesaran 3.000X. Sebelum dilakukan pengujian SEM *cross section*, sampel yang telah terlapisi KITOSAN/AgNPs dimounting dengan resin Epoxy. Resin Epoxy berfungsi sebagai penahan agar pada saat pelapisan konduktor Pt-Au, lapisan KITOSAN/AgNPs tidak terlepas. Oleh karena itu dari gambar tersebut, terlihat 3 area yang berbeda pada sampel tersebut yaitu area substrat, area lapisan tipis KITOSAN/AgNPs, dan area Resin Epoxy. Dari gambar juga dapat diamati interface antara substrat dengan lapisan. Tidak terdapat nya celah pada interface dari gambar menunjukkan bahwa lapisan KITOSAN/AgNPs pada substrat SS 316L dengan metode EPD terdepositasi dengan baik. Terlihat pada gambar, lapisan KITOSAN/AgNPs mengisi celah-celah pada substrat SS 316L.

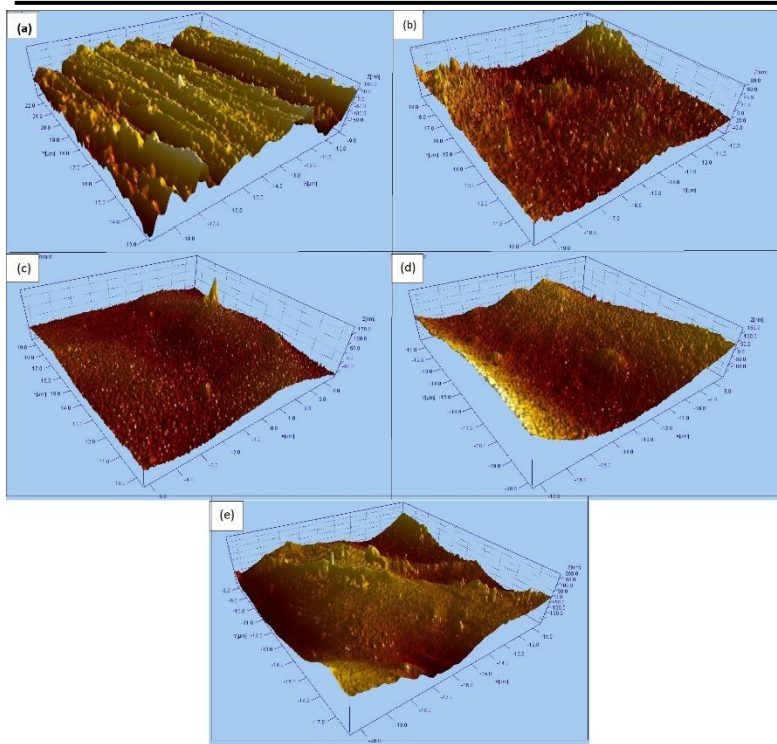


**Gambar 4.9** Grafik hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan Kitosan/AgNPs

Dari hasil pengujian SEM secara *cross section*, dapat diukur dan dihitung rata-rata dari lapisan tipis Kitosan/AgNPs. Hasil pengukuran dan perhitungan tersebut ditunjukkan pada gambar 4.9. Tegangan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pergerakan dari partikel pada proses EPD. Kenaikan tegangan menyebabkan partikel pada larutan bergerak lebih cepat ke arah elektroda. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar tegangan yang diaplikasikan dalam proses EPD, semakin tebal pula lapisan yang terdeposisi. Hal ini dikarenakan semakin besar tegangan yang diberikan, menyebabkan pergerakan dari partikel juga akan semakin cepat sehingga partikel yang terdeposisi juga semakin banyak (Besra, dkk. 2007).

#### 4.3.2 Analisa Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan didapatkan dengan menggunakan *Atomic Force Microscopy* (AFM). Hasil dari pengamatan AFM ditunjukkan pada Gambar 4.10



**Gambar 4.10** Topografi permukaan sampel tiap specimen lapisan tipis dengan variasi tegangan ; (a) Substrat, (b) 10 Volt, (c) 15 Volt, (d) 20 Volt, (e) 25 Volt

Nilai dari kekasaran sampel ditunjukkan oleh nilai  $S_a$  yang merupakan nilai rata-rata dari ketinggian atau peak yang membentuk kekasaran dan  $S_z$  yaitu ketinggian maksimum peak dari permukaan sampel. Semakin tinggi nilai  $S_a$  dan  $S_z$ , dapat dikatakan material tersebut semakin kasar. Nilai tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.11

---

## BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA



**Gambar 4.11** Grafik Kekasaran permukaan spesimen lapisan tipis Kitosan/AgNPs

Dari Gambar 4.10 dapat dilihat sampel dengan yang diposisikan dengan tegangan paling rendah yaitu 10 Volt memiliki nilai Sa dan Sz yang paling rendah yaitu berturut-turut 11,8 nm dan 124 nm. Dan sampel yang diaplikasikan dengan tegangan paling tinggi yaitu 25 Volt memiliki nilai Sa dan Sz yang paling tinggi yaitu 50,4 nm dan 433 nm. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa morfologi permukaan hasil deposisi menjadi lebih halus pada tegangan rendah dan menjadi lebih kasar dengan meningkatkan tegangan yang diterapkan (Besra,dkk.2007).

Jika dikaitkan dengan hasil uji SEM pada gambar 4.3, maka dapat dikatakan bahwa kekasaran meningkat seiring dengan bertambahnya aglomerat Ag yang ada pada permukaan sampel. Aglomerat Ag inilah yang menyebabkan permukaan sampel semakin kasar.

Permukaan yang lebih kasar lebih baik dibandingkan dengan permukaan yang lebih halus jika diaplikasikan untuk implant. Hal ini dikarenakan permukaan yang kasar dapat

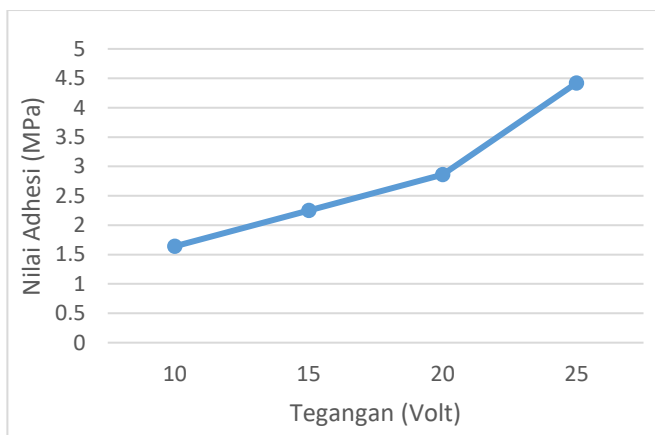
## BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA



meningkatkan adhesi terhadap osteoblast. Sel osteoblast lebih mudah menempel pada implant dan berintegrasi pada jaringan tulang (Bill,dkk.2014). Dalby (2007) telah melakukan penelitian tentang adhesi dengan Osteoblast. Material PMAA dibuat dengan kekasaran permukaan 20 nm dan 50 nm. Hasil yang didapat yaitu sel lebih menempel pada permukaan yang lebih kasar dan sel mengalami pertumbuhan yang lebih cepat.

#### 4.4 Analisa Kekuatan Adhesi

Pengujian daya lekat atau adhesi dilakukan dengan menggunakan *pull off adhesion test*. Gambar 4. merupakan grafik nilai adhesi terhadap kenaikan tegangan proses EPD pada sampel lapisan tipis Kitosan/AgNPs.



**Gambar 4.12** Grafik nilai adhesi terhadap kenaikan tegangan proses EPD pada sampel lapisan tipis Kitosan/AgNPs dengan Pull Off Adhesion Test

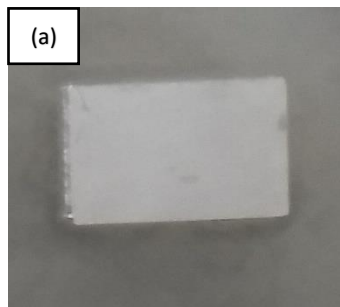
Berdasarkan grafik pada Gambar 4.12 Didapatkan nilai adhesi terendah terdapat pada sampel dengan tegangan 10 Volt. Sedangkan nilai adhesi tertinggi ditunjukkan oleh sampel dengan

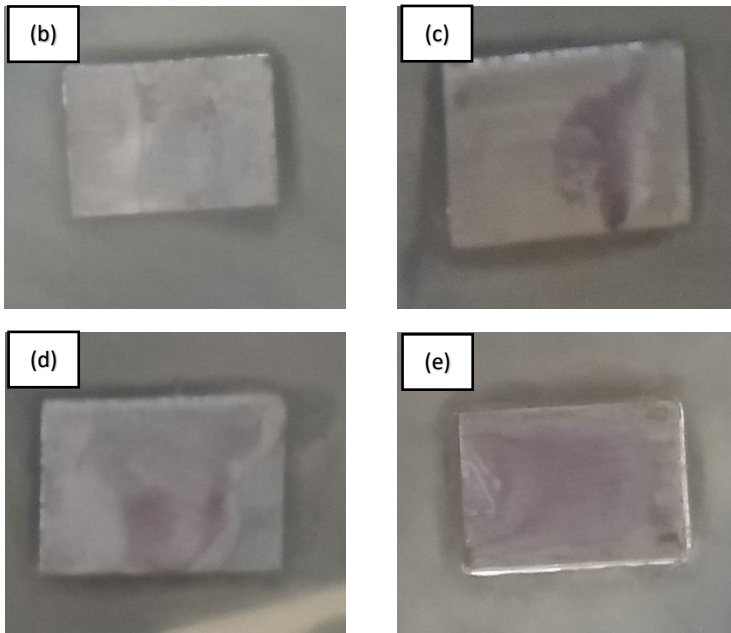


tegangan 25 Volt. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tegangan yang diberikan saat proses EPD, kekuatan adhesi dari lapisan dan substrat juga semakin besar. Jika dihubungkan dengan hasil SEM *cross section* dapat diketahui bahwa semakin besar tegangan yang digunakan akan menyebabkan lapisan semakin tebal. Ketebalan lapisan ini merupakan parameter yang mempengaruhi kekuatan adhesi dari lapisan dan substrat. Semakin tebal lapisan akan meningkatkan kekuatan adhesi antara lapisan dan substrat. (Sheeja,dkk.2002)

#### 4.5 Analisa *Antimicrobial*

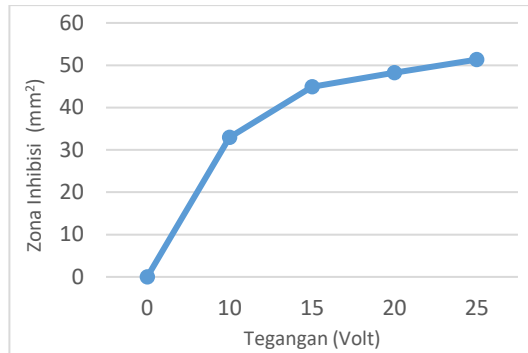
Pengujian *antimicrobial* dari sampel lapisan tipis Kitosan/AgNPs dilakukan di laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi FMIPA ITS menggunakan disk-diffusion test. Pengujian ini menggunakan medium agar yang telah diisi dengan bakteri *Escherichia coli* yang merupakan bakteri dengan gram negative. Sebelum diuji, sampel dipreparasi dengan menggunakan NaClO untuk mengaktivasi sifat antimikrobalnya. Ion Ag menjadi terionisasi jika diaktivasi menggunakan NaClO (Ferrerri dkk., 2015)





**Gambar 4.13** Visualisasi hasil uji *Antimicrobial* dari sampel lapisan tipis Kitosan/AgNPs dengan variasi tegangan; (a) 0 Volt (b) 10 Volt, (c) 15 Volt, (d) 20 Volt, (e) 25 Volt

Dari Gambar 4.13 dapat dilihat sampel (a) yang merupakan substrat tidak terdapat zona inhibisi disekitarnya. Sedangkan sampel lain yang telah terlapisi Kitosan/AgNPs terdapat zona inhibisi disekitarnya. Hal ini membuktikan bahwa sampel lapisan tipis Kitosan/AgNPs berhasil menginhibisi bakteri bakteri *Escherichia coli*.



**Gambar 4.14** Grafik Zona Inhibisi sampel lapisan tipis Kitosan/AgNPs

Dari grafik pada gambar 4.14 di atas dapat disimpulkan bahwa dengan kenaikan tegangan yang diplikasikan dapat memperluas zona inhibisi. Yang artinya semakin luas zona inhibisi maka semakin baik dalam menghambat pertumbuhan bakteri (Tiller, 2006). Hal ini karena semakin banyaknya Ag yang menempel pada permukaan seiring kenaikan tegangan tersebut. Ag memiliki peran penting untuk menahan pertumbuhan bakteri karena Ion Ag yang berdifusi dari bahan substrat dan memberikan efek penghambatan yang kuat pada spektrum mikroorganisme yang luas, seperti bakteri, jamur, dan virus (Moerman, 2015). Nanopartikel perak dapat berinteraksi langsung dengan bakteri, sehingga menyebabkan bakteri tersebut mati. *Antimicrobial* dari nanopartikel perak dapat melawan bakteri dengan gram positif dan gram negative (Guzman, dkk. 2009).

Kitosan juga berperan dalam sifat antimicrobial dari sampel. Penelitian Chung et al. (2004), menunjukkan bahwa kitosan cukup baik dalam penghambatan bakteri gram negatif. Kitosan membunuh bakteri dengan cara bereaksi dengan dinding sel bakteri yang menyebabkan hilangnya penyusun dinding sel seperti protein, asam amino, dan glukosa sehingga metabolisme bakteri tersebut rusak.

## BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA





---

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang mengukur sifat antimicrobial lapisan tipis, zona inhibisi dari lapisan Kitosan/AgNPs ini masih lebih rendah. Dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan Airlangga (2017) yang menggunakan lapisan Ag/TiO<sub>2</sub> dengan proses PVD, zona inhibisi yang dihasilkan oleh lapisan Kitosan/AgNPs masih lebih kecil. Hal ini dikarenakan Ag dan Kitosan yang terdeposisi pada permukaan substrat masih sedikit dan tidak merata sehingga kemampuan antimicrobial yang dihasilkan sedikit kurang efektif.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dan analisa data dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Kenaikan tegangan yang diterapkan pada proses (Electrophoretic Deposition) EPD dapat meningkatkan kekasaran permukaan lapisan. Nilai kekasaran permukaan terbesar didapatkan pada sampel dengan tegangan 25 Volt yaitu dengan nilai  $S_a$  dan  $S_z$  berturut-turut 50,4 nm dan 433 nm. Hal ini disebabkan oleh tegangan yang semakin tinggi menyebabkan semakin banyaknya aglomerat Ag yang terbentuk dimana aglomerat tersebut menyebabkan permukaan semakin kasar. Selain itu, sampel 25 Volt memiliki sifat mekanik yang paling baik karena memiliki nilai kekuatan adhesi yang paling besar daripada sampel yang lain.
2. Kemampuan *antimicrobial* juga dipengaruhi oleh tegangan yang diterapkan pada proses EPD. Semakin tinggi tegangan yang diterapkan, semakin banyak partikel Ag dan Kitosan yang terdeposisi pada permukaan sampel. Dengan semakin banyak nya Ag dan Kitosan pada lapisan, zona Inhibisi yang terbentuk juga semakin luas. Hal ini dibuktikan dengan sampel 25 Volt yang memiliki zona inhibisi paling luas yaitu sebesar 51,4 mm<sup>2</sup>.

#### **5.2 Saran**

Adapun beberapa saran yang dapat digunakan untuk melanjutkan penelitian ini kedepannya, diantaranya :

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai material *antimicrobial* dalam bentuk lapisan tipis.
2. Adanya penelitian lain mengenai sintesis lapisan tipis dari material *antimicrobial* lainnya.



- 
3. Dilakukan preparasi permukaan pada sampel sehingga dapat menghasilkan kekuatan adhesi yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadpourian A, Luna C, Boochani A, Arman A, Achour A, Rezaee S, Naderi S. 2016. “*The Effect of Deposition Time on Surface Morphology, Structural, Electrical and Optical Properties of Sputtered Ag-Cu Thin Films*”. **Eur. Phys. J. Plus** (2016) 131:381.
- ASM International. 2008. **Specialty Handbook: Stainless Steels**.
- Azom. 2001. Stainless Steel – Grade 316 (UNS S31600).
- Besra L, Liu M. 2007. *A review on fundamentals and applications of electrophoretic deposition (EPD)*. **Progress in Materials Science** 52 (2007) 1–61
- Boccaccini A.R, Keim S, Ma R, Li Y. 2014. “*Electrophoretic deposition of biomaterials*”. **J. R. Soc. Interface** (2010) 7, S581–S613
- Cometa,dkk. 2017. “*Silver-loaded chitosan coating as an integrated approach to face titanium implant-associated infections: analytical characterization and biological activity*”. **Anal Bioanal Chem**
- Corni, I., Ryan, M.P., & Boccaccini, A.R., (2008). *Electrophoretic deposition: From traditional ceramics to nanotechnology*. **Journal of the European Ceramic Society** 28 1353–1367.
- Dalby, M.J.; Gadegaard, N.; Tare, R.; Andar, A.; Riehle, M.O.; Herzyk, P.; Wilkinson, C.D.; Oreffo, R.O. 2007. “*The control of human mesenchymal cell differentiation using nanoscale symmetry and disorder*”. **Nat. Mater.** 2007, 6, 997–1003.
- Du J, Han B, Liu Z, Liu Y, Kang D. 2007. “*Control Synthesis of Silver Nanosheets, Chainlike sheets, and Microwires via a Simple Solvent – Thermal Method*”. **Cryst. Growth Des.** 7. 900-904.

- Dutta P Kumar, Tripathi VS. 2004. "*Chitin and Chitosan : Chemistry, Properties, and Application*". **Jurnal of Scientific and Industrial Research** Vol 63 January 2004 20-31
- Ferreri, I. 2015. "*Silver activation on thin films of Ag-ZrCN coatings for antimicrobial activity*". **Materials Science and Engineering C** 55 (2015) 547-555.
- Guzman, M.G., J. Dille, & S. Godet. 2009. "*Synthesis of Silver Nanoparticles by Chemical Reduction Method and Their Antibacterial Activity*". **International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering** 2: 104-111.
- Gownolla Malegowd Raghavendra, Jeyoung Jung, Dowan Kim, Jongchul Seo. 2017. "*Effect of chitosan silver nanoparticle coating on functional properties of Korean traditional paper*". **Organic. Coatings**. 16-23
- Gyliene O, dkk. 2003. "*Chemical composition and sorption properties of chitosan produced from fly larva shells*". **ISSN 2305 7216 Chemija Vilnius** (2003)
- Hardes J, Ahrens H, Gebert C, Streithuerger A, Buerger H, Erren M. 2007. "*Lack of Toxicological side-effects in silvercoated megaprotheses in humans*". **Biomaterials** 28 (2007) 2869-2875.
- Hetrick EM, Schoenfisch MH. 2006. "*Reducing Implant-related infections: Active release strategies*". **Chem. Soc. Rev.** 35 .780-789.
- Juntarapun, Kantima dan Satirapipathkul, Chuntimon. 2012. "*Antimicrobial Activity of Chitosan and Tannic Acid on Cotton Fabrics Materials*". **RMUTP International Conference: Textiles & Fashion 2012**, Bangkok, 3-4 Juli.

- Lankoff A, Sandberg WJ, Ciuk AW. 2012. " *The effect of agglomeration state of silver and titanium dioxide nanoparticles on cellular response of HepG2, A549 and THP-1 cells.* " **Toxicology Letters** 208(3):197-213
- Li, dkk. 2013. " *Electrochemically deposited chitosan/Ag complex coatings on biomedical NiTi alloy for antibacterial application*". **Surface & Coatings Technology** 232 (2013) 370–375
- Moreman, F. 2015. " *Antimicrobial Materials, Coating and Biomimetic Surfaces With Modified Microtopography to Control Microbial Fouling of Product Contact Surfaces Within Food Processing Equipment : Legislation, Requirements, Effectiveness, and Challenges*" **Journal of Hygienic Engineering and Design**
- Maragoni V, Ayodya D, Madhusudhan A, Babu VR, Veerabhadram G. 2012. " *A novel green one-step synthesis of silver nanoparticles using chitosan: catalytic activity and antimicrobial studies* " **Appl Nanosci**
- Paul D, Paul S, Roohpour N, Wilks M, Vадgama P. 2013. " *Antimicrobial, Mechanical and Thermal Studies of Silver Particle-Loaded Polyurethane*". **J. Funct. Biomater.** 2013, 4, 358-375
- Phisbin R, Mourino F, Boccaccini A.R. 2013. " *Single-step electrochemical deposition of antimicrobial orthopaedic coatings based on a bioactive glass/chitosan/nano-silver composite system*". **Acta Biomaterialia** 9 (2013) 7469–7479
- Respati, S.M.B. 2010. " *Bahan Biomaterial Stainless Steel dan Ceramic* " **Momentum**, Vol. 6, No. 1, April 2010 : 5 – 8.

- Sheeja,dkk.2002.” Effect of film thickness on the stress and adhesion of diamond-like carbon coatings”. **Diamond and Related Materials** **11 (2002) 1643–1647**
- Silberberg, M.S.2007.”*Principles of General Chemistry*”. **The McGraw-Hill Companies**, 2007.
- Simchi, F. Pishbin, and A. R. Boccaccini.2009. “*Electrophoretic deposition of chitosan,*” **Mater. Lett.**, vol. 63, pp. 2253–2256, 2009.
- Sun.D.2014. “*Antimicrobial materials with medical applications*”. **Materials Technology: Advanced Biomaterials** 2015 VOL 30
- Tiller, J. C.2006. *Silver-Based Antimicrobial Coatings Polymeric Drug Delivery II: American Chemical Society*.
- Varsha T , Yallapu MM , Sreedhar B , Bajpai SK.2009. “*Fabrication, Characterization of Chitosan/Nanosilver Film and Its Potential Antibacterial Application*”. **Journal of Biomaterials Science** 20 (2009) 2129–2144
- Yan X, Zhang X, Li C.2015. “*Preparation and characterization of chitosan-silver/hydroxyapatite composite coatings onTiO2 nanotube for biomedical applications*”. **Applied Surface Science** 332 (2015) 62–69
- Zhitomirsky, I. dan Hashambhoy, A. 2007. “ *Chitosan-mediated Electrosynthesis of Organic-Inorganic Nanocomposites* ”. **Journal of Materials Processing Technology** 191, 68-72.
- Zhu A, Zhang M, Wu J & Shen J.2015.” *Covalent immobilization of chitosan/heparin complex with a photosensitive heterobifunctional crosslinking reagent on PLA surface* ”. **Biomaterials**, 23 (2002) 4657.

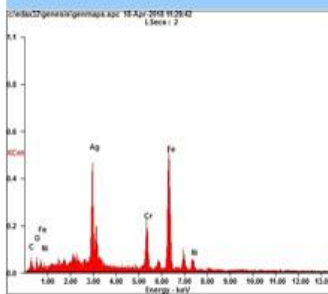


### **Lampiran 1: Hasil SEM-EDX sampel 10 Volt**

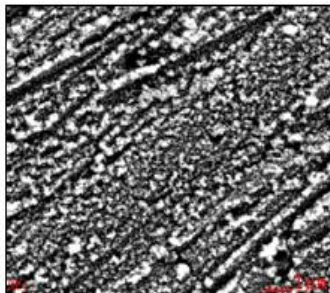
**EDAX**  
advanced materials analysis solutions  
**AMETEK**

Prepared by: Your Name Here

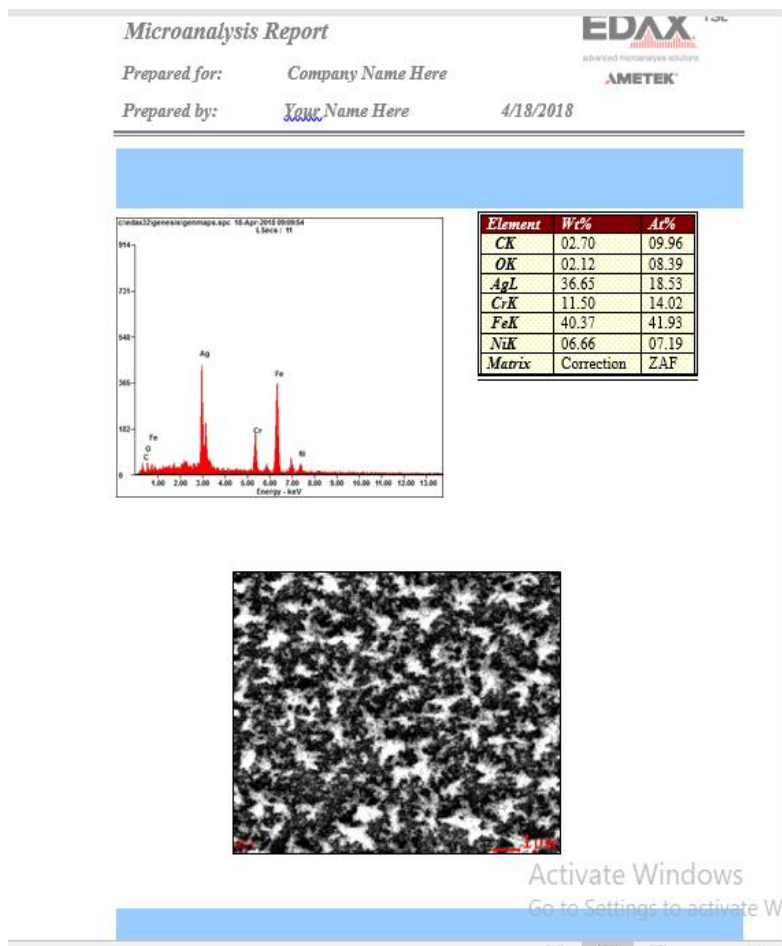
4/18/2018



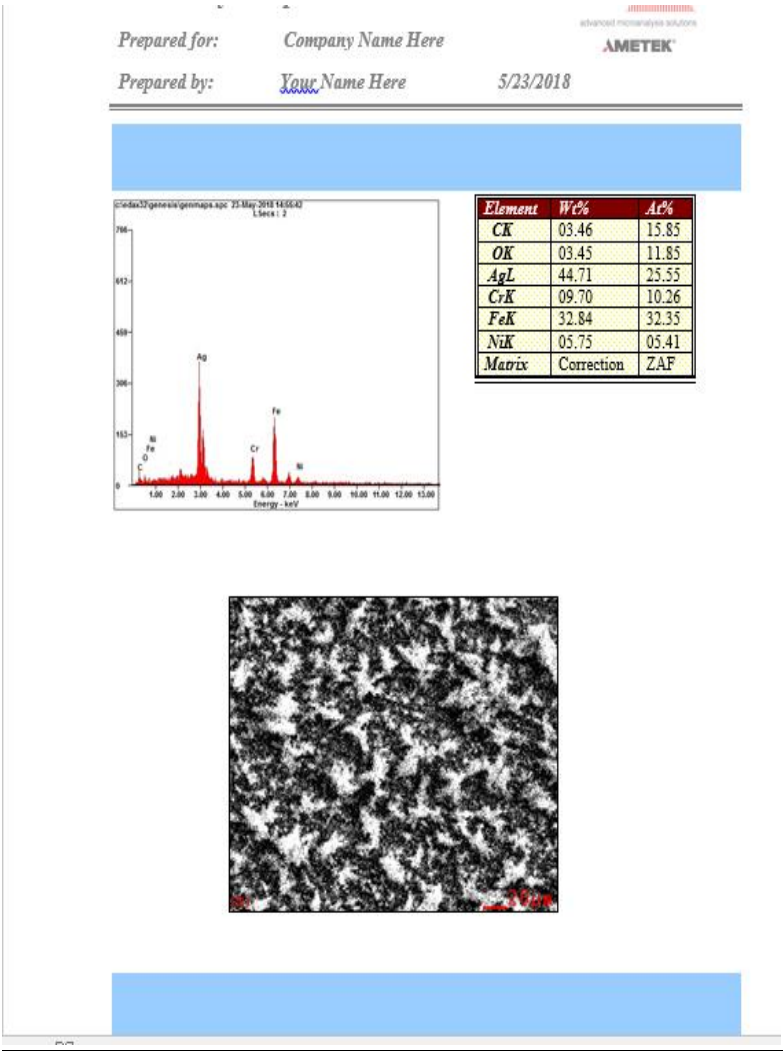
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	02.36	10.42
<i>OK</i>	03.00	09.96
<i>AgL</i>	32.22	20.24
<i>CrK</i>	12.22	12.48
<i>FeK</i>	43.38	41.27
<i>NiK</i>	06.82	05.71
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



## Lampiran 2: Hasil SEM-EDX sampel 15 Volt



**Lampiran 3: Hasil SEM-EDX sampel 20 Volt**



#### **Lampiran 4: Hasil SEM-EDX sampel 25 Volt**

Prepared for: \_\_\_\_\_

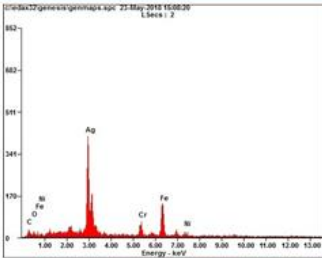
Prepared by: Your Name Here

Company Name Here

5/23/2018

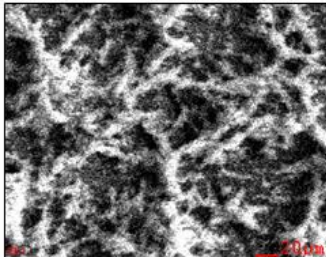
AMETEK

---

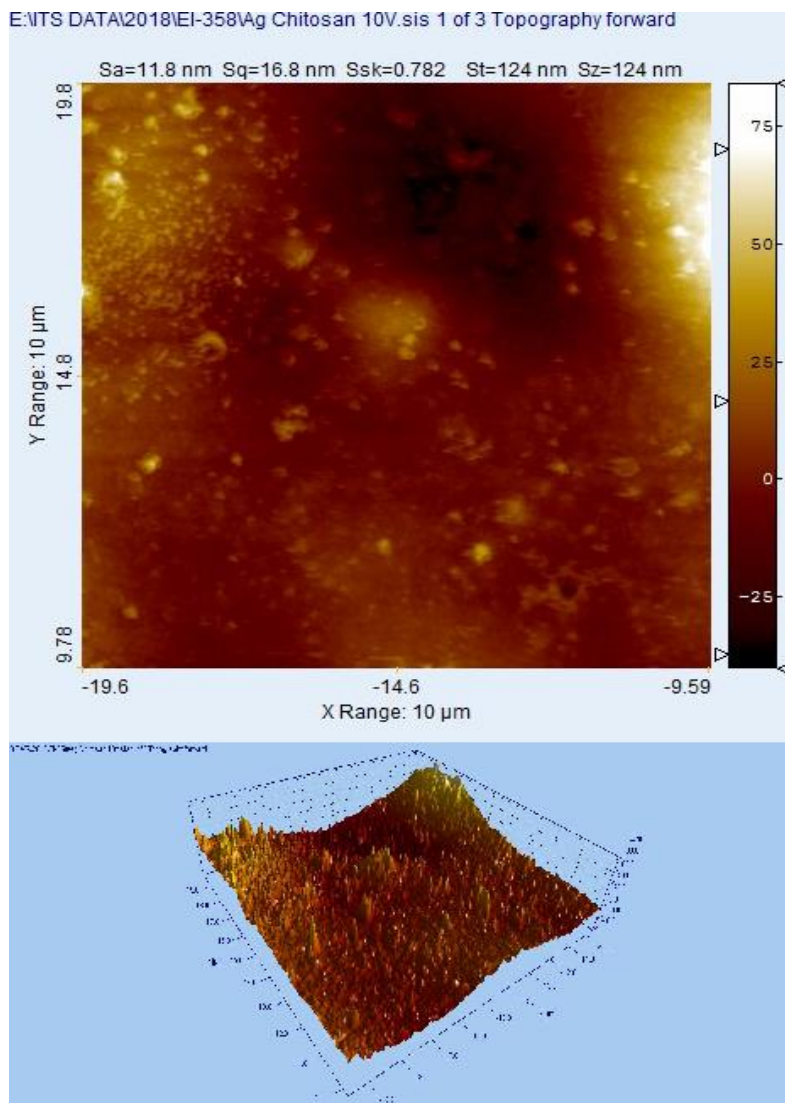


07606x77gencen/gerolapic.apc 23 May 2018 15:08:26  
Lines: 2

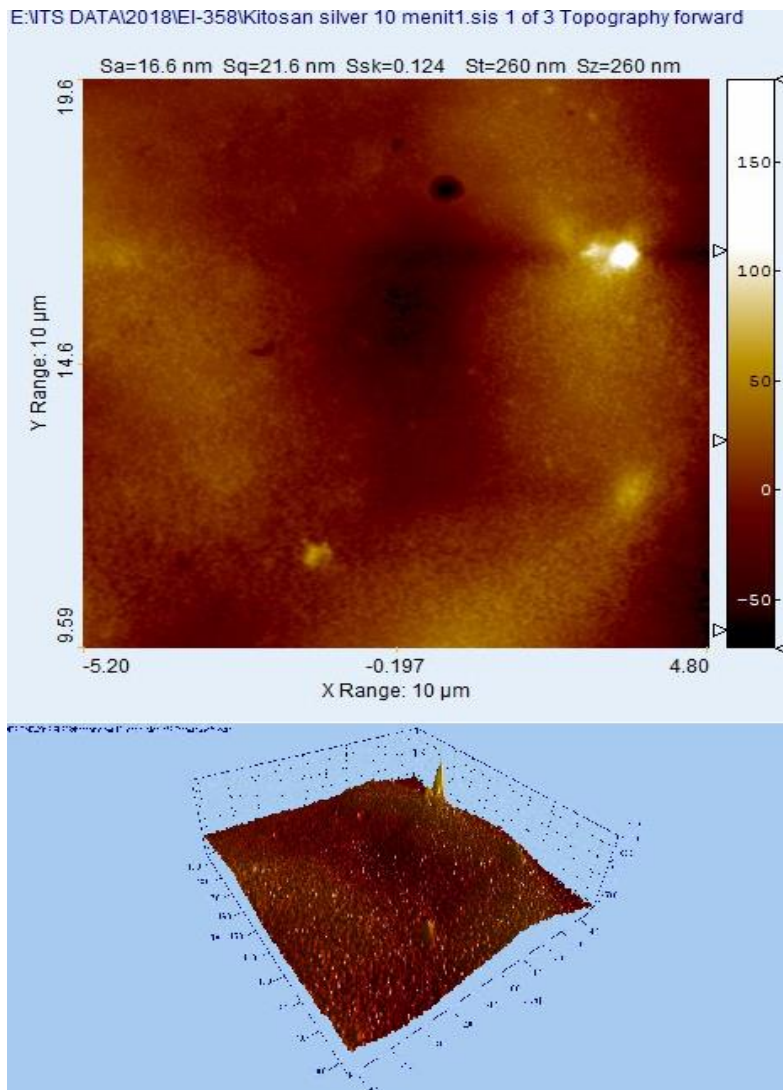
Element	Wt%	At%
CK	04.29	13.19
OK	03.59	13.81
AgL	55.60	31.71
CrK	07.23	09.39
FeK	24.42	26.90
NiK	04.77	05.00
Matrix	Correction	ZAF



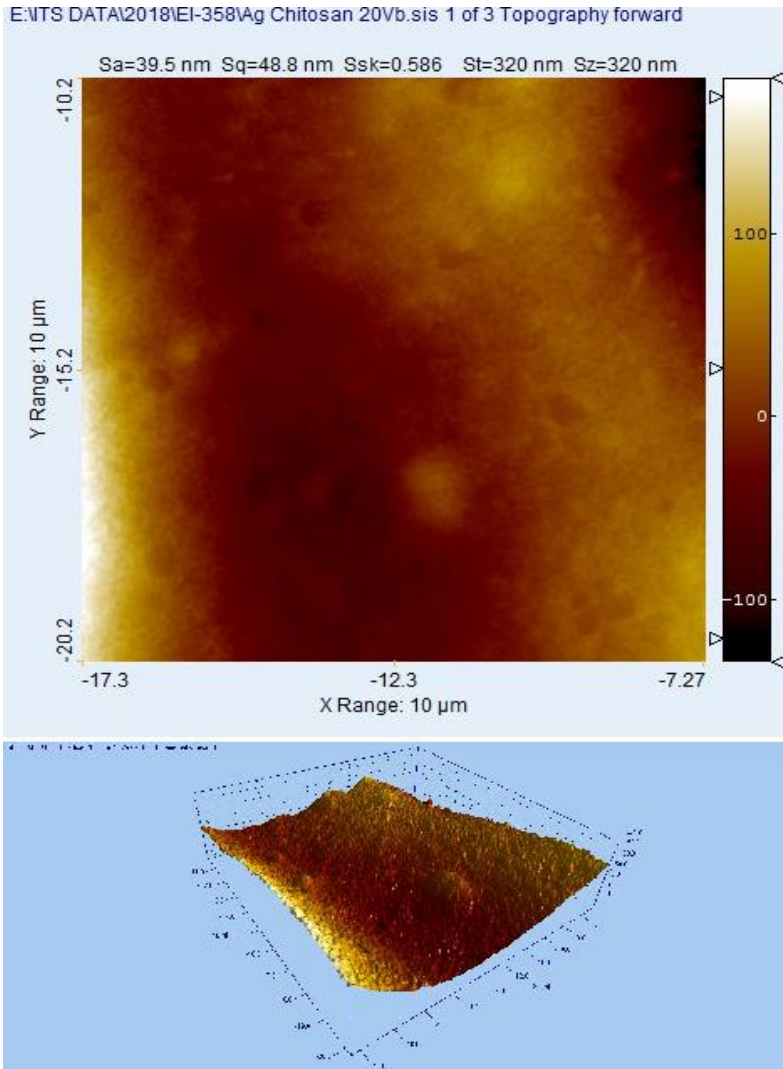
## Lampiran 5: Hasil AFM Sampel 10 Volt



## Lampiran 6: Hasil AFM sampel 15 Volt



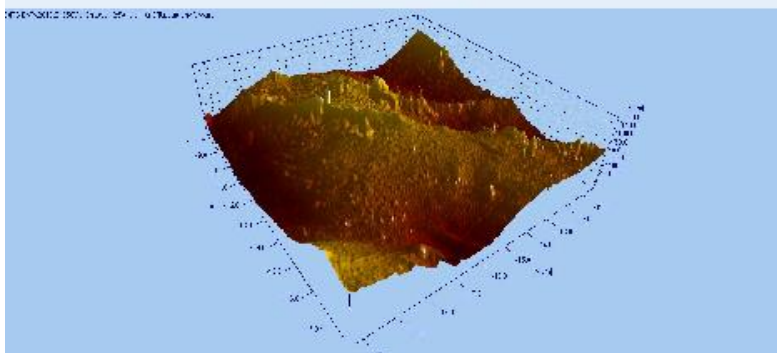
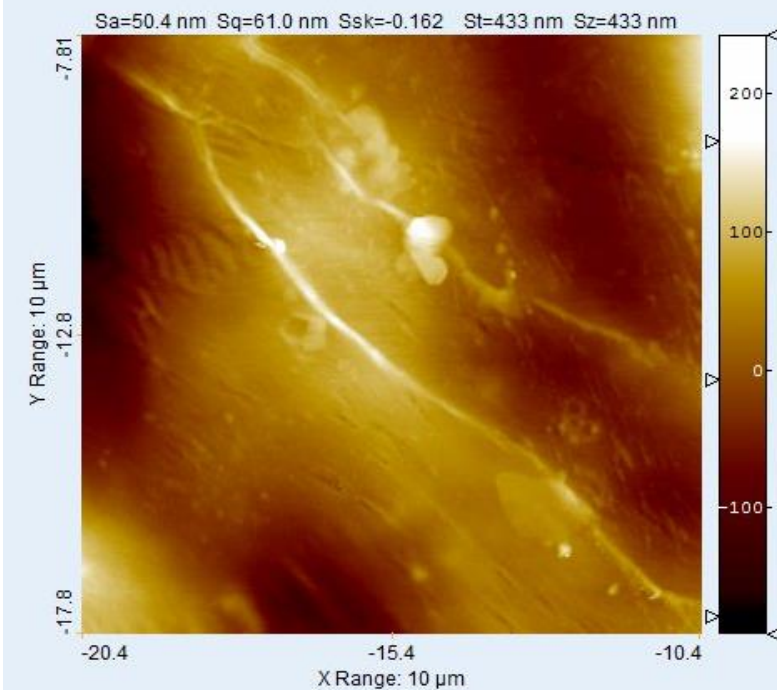
**Lampiran 7: Hasil AFM sampel 20 Volt**





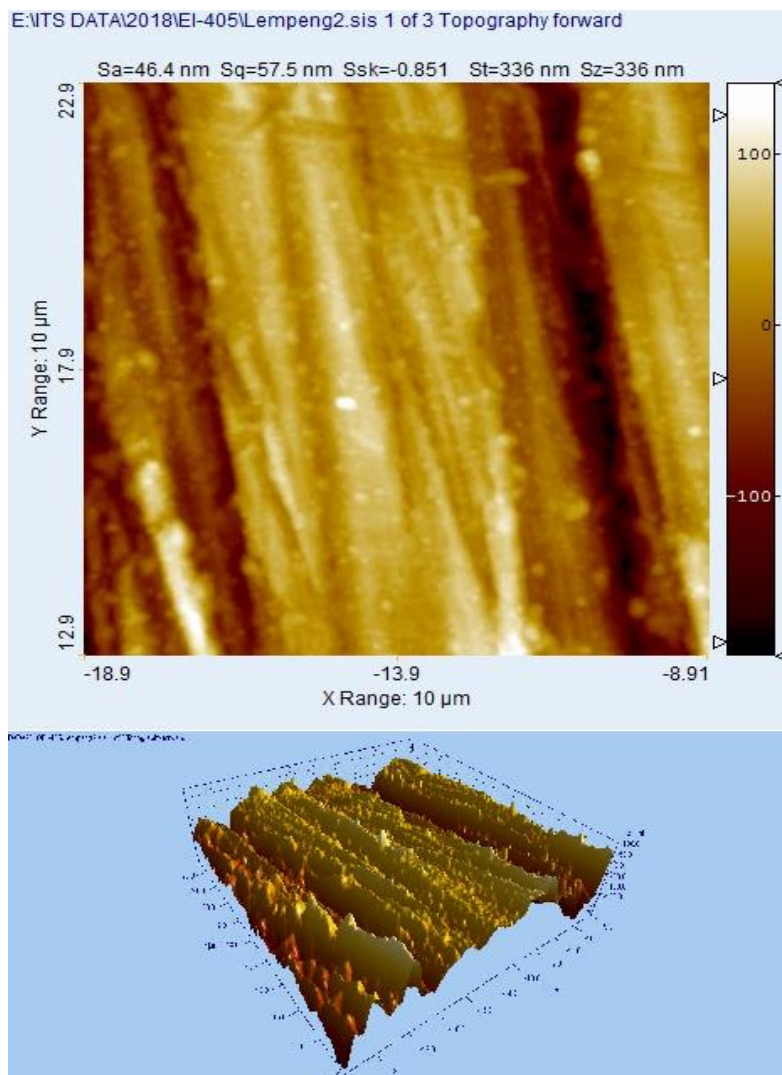
## Lampiran 8: Hasil AFM sampel 25 Volt

E:\ITS DATA\2018\IEI-358\Ag Chitosan 25Va.sis 1 of 3 Topography forward





## Lampiran 9: Hasil AFM substrat SS 316L



## Lampiran 10: Hasil Pengujian Antimicrobial

Kode Sampel	Treatment	Lebar (mM)	Panjang (mM)	Luas Total terhadap <i>E. coli</i> (mM <sup>2</sup> )	Luas Plat (mM <sup>2</sup> )*	Luas Zona Bening (mM <sup>2</sup> )
R.0.A	Dengan NaOCl, 1 Mm Ag	13,70	14,60	200,02	140,00	60,02
R.0.B	Dengan NaOCl, 0 Mm Ag	10,80	14,20	153,36	140,00	13,36
R.0.C	Tanpa NaOCl, 1 Mm Ag	11,50	15,80	181,70	140,00	41,70
R.0.D	Tanpa NaOCl, 0 Mm Ag	10,00	14,00	140,00	140,00	0,00
R.1.A	0 mM	10,50	14,20	149,10	140,00	9,10
R.1.B	1.5 mM	12,20	14,10	172,02	140,00	32,02
R.1.C	0 mM	10,30	14,20	146,26	140,00	6,26
R.1.D	0.5 mM	12,00	14,30	171,60	140,00	31,60
R.1.E	0.5 mM	13,10	15,10	197,81	140,00	57,81
R.2.A	0.5 mM	11,10	15,40	170,94	140,00	30,94
R.2.B	Non Coating	10,00	14,00	140,00	140,00	0,00
R.2.C	Non Coating	10,00	14,00	140,00	140,00	0,00
R.2.D	1.5 mM	11,20	15,80	176,96	140,00	36,96
R.2.E	1.5 mM	11,30	16,20	183,06	140,00	43,06
Z.1.A	25 Volt	12,70	16,60	210,82	140,00	70,82
Z.1.B	10 Volt	12,10	14,00	169,40	140,00	29,40
Z.1.C	20 Volt	11,00	15,50	170,50	140,00	30,50
Z.1.D	10 Volt	11,10	15,10	167,61	140,00	27,61
Z.1.E	20 Volt	13,50	14,10	190,35	140,00	50,35
Z.2.A	25 Volt	11,40	16,00	182,40	140,00	42,40
Z.2.B	10 Menit	11,40	17,10	194,94	140,00	54,94
Z.2.C	20 Volt	12,90	15,80	203,82	140,00	63,82
Z.2.D	25 Volt	11,30	16,00	180,80	140,00	40,80
Z.2.E	10 Volt	11,40	15,70	178,98	140,00	38,98
H.1.A	5 Menit	10,50	15,50	162,75	140,00	22,75
H.1.B	5 Menit	10,90	15,90	173,31	140,00	33,31
H.1.C	5 Menit	11,00	15,90	174,90	140,00	34,90
H.1.D	20 Menit	11,30	16,00	180,80	140,00	40,80
H.1.E	10 Menit	11,10	14,40	159,84	140,00	19,84
H.2.A	15 Menit	11,20	16,30	182,56	140,00	42,56
H.2.B	15 Menit	11,70	16,60	194,22	140,00	54,22
H.2.C	15 Menit	11,40	15,80	180,12	140,00	40,12
H.2.D	20 Menit	12,90	16,70	215,43	140,00	75,43
H.2.E	20 Menit	11,30	16,00	180,80	140,00	40,80

Keterangan : \* Plat uji berukuran 10 x 14 mm

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Muhammad Razaki Apilio, Lahir di Padang pada tanggal 12 April 1998. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD 05 Padang . Kemudian dilanjutkan ke jenjang pertama di SMPN 1 Kota Padang. Selanjutnya dilanjutkan ke jenjang atas di SMAN 1 Kota Padang. Lalu penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi negeri yaitu di Departemen Teknik Material FTI-ITS.

Selama menempuh perkuliahan penulis sudah mengikuti beberapa pelatihan, seperti Latihan Keterampilan

Manajemen Mahasiswa Pra-Tingkat Dasar atau LKMM Pra-TD, Pelatihan Karya Tulis Ilmiah dan Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar. Selain itu, penulis juga menjadi staff Departemen Pengabdian Masyarakat di Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi pada tahun kedua, dan menjadi Wakil Ketua Departemen Sosial Masyarakat di HMMT pada tahun Ketiga. Penulis juga merupakan grader Perlakuan Panas dan asisten Laboratorium Fisika Material. Penulis sempat melakukan kerja praktek di PT Dirgantara Indonesia.

Tugas akhir yang diambil penulis yaitu adalah bidang Inovasi Material dengan judul “Analisis Pengaruh Variasi Tegangan Pada Lapisan Tipis Kitosan/*AgNPs* di Permukaan SS 316L Terhadap Morfologi, Sifat Mekanik, dan *Antimicrobial* dengan Metode Electrophoretic Deposition”.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*